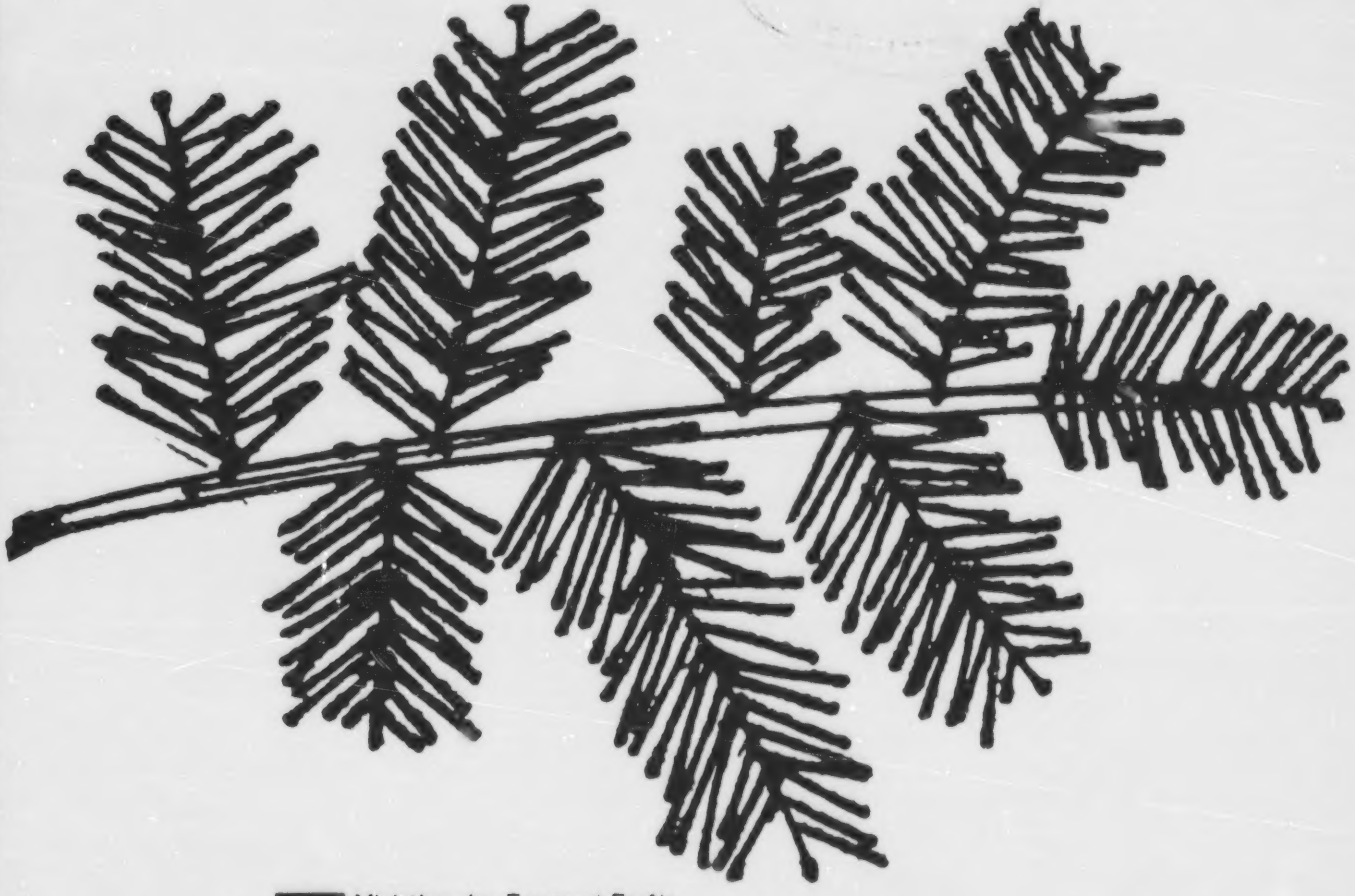
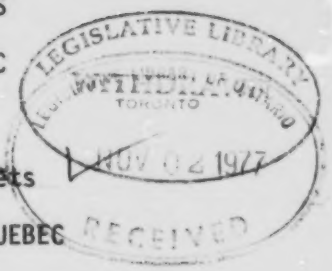
Traitements et stratégies sylvicoles applicables à divers peuplements forestiers du Québec

Paul-Émile Vézina
Carol Labarre
Gilles Gauthier
Jean-Claude Mercier



Ministère des Terres et Forêts
COGEF — Conseillers en gestion des Forêts

TRAITEMENTS ET STRATEGIES SYLVICOLES APPLICABLES A DIVERS PEUPLEMENTS FORESTIERS DU QUEBEC



Groupe Conseil en Gestion des Forêts
MINISTERE DES TERRES ET FORETS DU QUEBEC

Gilles Gauthier, ing.f., M. Sc.
M.T.F.

Carol Labarre, ing.f., M. Sc.
M.T.F.

Jean-Claude Mercier, ing.f., M. Sc.
Groupe COGEF

Paul-Emile Vézina, ing.f., Ph.D.
Université Laval

RESUME

Ce document présente une courte description de techniques sylvicoles applicables au Québec. On y propose des stratégies sylvicoles pour les strates forestières les plus féquemment rencontrées et pour chacune on présente une évaluation des coûts et rendement à escompter. Une section est consacrée aux coûts et à la productivité des différentes méthodes de sylviculture.

LES TRAITEMENTS ET LES STRATEGIES SYLVICOLES APPLICABLES A DIVERS PEUPLEMENTS FORESTIERS DU QUEBEC

Document de COGEF,
Conseillers en gestion des forêts,
Ministère des Terres et Forêts

Québec, octobre 1976

TABLE DES MATIERES

	Pages
TABLE DES MATIERES	III
LISTE DES TABLEAUX	V
LISTE DES FIGURES	VII
AVANT-PROPOS	IX
REMERCIEMENTS	XI
INTRODUCTION	XIII
PARTIE I. Description de traitements sylvicoles, modes d'application et coûts	1
CHAPITRE 1 - LE DRAINAGE	5
CHAPITRE 2 - LE BRULAGE CONTROLE	17
CHAPITRE 3 - L'EMPLOI DES SYLVICIDES	21
CHAPITRE 4 - LE SCARIFIAGE DU SOL	29
CHAPITRE 5 - L'AMELIORATION DES ARBRES	35
CHAPITRE 6 - L'ENSEMENCEMENT ARTIFICIEL	41
CHAPITRE 7 - LES PLANTATIONS	45
CHAPITRE 8 - L'EDUCATION DES PEUPLEMENTS	53
CHAPITRE 9 - LA FERTILISATION FORESTIERE	61
CHAPITRE 10 - LES METHODES DE REGENERATION	69
CHAPITRE 11 - POPULICULTURE ET LIGNICULTURE	79
CHAPITRE 12 - LE COUT DES TRAITEMENTS SYLVICOLES	87

TABLE DES MATIERES
(suite)

Pages

PARTIE II. Les stratégies sylvicoles applicables à divers peuplements forestiers du Québec 95

CHAPITRE 13 - PEUPLEMENTS D'EPINETTE NOIRE 99

CHAPITRE 14 - PEUPLEMENTS DE SAPIN BAUMIER 117

CHAPITRE 15 - PEUPLEMENTS DE PIN GRIS 141

CHAPITRE 16 - LES PEUPLEMENTS DE PEUPLIER FAUX-TREMBLE 155

CHAPITRE 17 - LES PEUPLEMENTS DE FEUILLUS NORDIQUES 167

CHAPITRE 18 - LES PEUPLEMENTS ARTIFICIELS 187

ANNEXE I

NOTES SUR LA PRODUCTIVITE DE CERTAINES METHODES UTILISEES POUR EFFECTUER DES TRAITEMENTS SYLVICOLES 215

ANNEXE II

RENSEIGNEMENTS SUR LE CALCUL DE PRODUCTION SUITE A DES INTERVENTIONS PERIODIQUES DANS DIFFERENTS PEUPLEMENTS 233

BIBLIOGRAPHIE 245

LISTE DES TABLEAUX

			Pages
TABLEAU	1.	Croissance de clones de peupliers plantés sur sol engazonné, et sur sol travaillé durant 3 ans	82
TABLEAU	2.	Croissance observée de certains peupliers Jackii	83
TABLEAU	3.	Coûts et revenus afférents à la production et à la plantation de boutures de peupliers	84
TABLEAU	4.	Coût des traitements sylvicoles	88
TABLEAU	4A.	Coût de production des semis et semences	91
TABLEAU	4B.	Productivité dans les travaux de sylviculture	92
TABLEAU	5.	Synthèse des différentes stratégies sylvicoles pour les pessières à épinette noire - peuplements complets .	115
TABLEAU	6.	Synthèse des différentes stratégies sylvicoles pour les pessières à épinette noire et sapin - peuplements complets - variante des stratégies de la pessière à épinette noire	116
TABLEAU	7.	Revenus anticipés	133
TABLEAU	8.	Synthèse des différentes stratégies sylvicoles pour les sapinières - peuplements complets	139
TABLEAU	9.	Synthèse des différentes stratégies sylvicoles pour les sapinières à épinette rouge - peuplements complets - variante des stratégies sylvicoles des sapinières	140
TABLEAU	10.	Synthèse des différentes stratégies sylvicoles pour les pineraies à pin gris - peuplements complets	154
TABLEAU	11.	Synthèse des différentes stratégies sylvicoles pour les tremblaies - peuplements complets	166
TABLEAU	12.	Choix des essences à reboiser en fonction de la physiographie, de la nature du sol et de la zone géographique	199

LISTE DES TABLEAUX
(Suite)

Pages

TABLEAU 13. Analyse de la croissance, de 1926 à 1966, de l'épinette blanche plantée en 1926 sur trois différentes qualités de station 205

TABLEAU 14. Synthèse des différentes stratégies sylvicoles pour les plantations de pin rouge au sud du fleuve Saint-Laurent 211

TABLEAU 15. Synthèse des stratégies sylvicoles pour les plantations d'épinette blanche au sud du fleuve Saint-Laurent 212

TABLEAU 16. Synthèse des différentes stratégies sylvicoles pour les plantations d'épinette de Norvège au sud du fleuve Saint-Laurent 213

TABLEAU 17. Synthèse des différentes stratégies sylvicoles pour les plantations de pin gris au sud du fleuve Saint-Laurent 214

LISTE DES FIGURES

Pages

FIGURE A: Surface terrière brute et nette en fonction de l'âge 242

FIGURE B: Volume total brut et volume marchand en fonction de l'âge 243

AVANT-PROPOS

Ce document a été réalisé en collaboration par un groupe formé du Dr. P.E. Vézina de la faculté de Foresterie et Géodésie de l'Université Laval, de Gilles Gauthier et Carol Labarre du groupe de coordination du ministère des Terres et Forêts du Québec ainsi que de J.C. Mercier du Groupe COGEF.

Il fait partie d'un ensemble de travaux qui constituera un dossier sylvicole comportant, entre autres, des tables de rendement empiriques pour différentes essences forestières du Québec, un modèle de simulation de l'effet des traitements sylvicoles et un travail plus complet sur l'estimation du coût des opérations sylvicoles.

Le présent document a été préparé en plusieurs étapes dont la première fut la rédaction de textes préliminaires concernant chacun des traitements et stratégies proposés. Les stratégies et quelques traitements furent ensuite soumis à des groupes d'experts québécois qui ont par la suite été invités à les discuter en groupe. Le texte final tient compte des discussions et recommandations de ces experts. On ne saurait leur imputer les erreurs qui auraient pu se glisser dans le travail, celles-ci sont notre responsabilité.

Nous croyons que notre approche nous permet d'affirmer que ce document est un reflet assez complet des connaissances et applications les plus récentes de la sylviculture québécoise.

Nous avons trois souhaits à faire concernant l'avenir. Tout d'abord, nous espérons que ce document sera critiqué et incitera plusieurs personnes à démontrer que de meilleurs traitements et stratégies s'appliquent à la forêt du Québec. De plus, nous espérons qu'il se trouvera plusieurs sylviculteurs prêts à combler les faiblesses de nos connaissances sur le coût, les méthodes et les effets de traitement que nous proposons. Un dernier souhait serait de voir le ministère ga[illegible] ce dossier ouvert et de faire un effort accru durant les prochaines années pour faire le point concernant le coût et les effets des techniques sylvicoles.

Jean-Claude Mercier
Responsable du dossier
spécial sur la sylviculture

REMERCIEMENTS

Nous désirons reconnaître la contribution des personnes mentionnées ci-après pour leur participation aux discussions qui ont précédé la rédaction finale des textes concernant les différentes stratégies et traitements sylvicoles décrits dans ce texte:

MINISTERE DES TERRES ET FORETS

- Service de la Recherche: Gilles Vallée, Valère Bertrand, René Doucet, Hassan Ali Bolghari, Lise Robitaille, Noël Le Goff, Jean-Paul Nadeau
- Service de la Restauration: Alain Dancause, Gilles Rhéaume, Jean-Marie Fortin, Roger Dugas, Gaétan Paquet, R. Lamarre, J. Savard, J. Martel (revue)
- Service des Plans d'Aménagement: Jean-Louis Boivin, Michel Tanguay

SERVICE CANADIEN DES FORETS

- Centre de Recherche Forestière des Laurentides: Michel Boudoux, Stevo Popovich, Daniel Gagnon, Henri Leblanc, Gilles Frisque, Marcien Roberge, Robert J. Hatcher, Carl Winget
- Centre de Recherche Forestière des Grands Lacs: D.E. Ketcheson

MAC DONALD COLLEGE, MCGILL UNIVERSITY

J.D. Mac Arthur

SOCIETE FORESTIERE DOMTAR

Alain Fortin

UNIVERSITE LAVAL

- Faculté de Foresterie et de Géodésie: Jean Tomlinson

Nous remercions sincèrement ces spécialistes qui nous ont fourni avec empressement leurs opinions et nous ont fait bénéficier de leurs connaissances en sylviculture. Grâce à leur participation, ce document est grandement amélioré et peut prétendre refléter la pensée sylvicole québécoise. Des remerciements particuliers s'adressent à M. Roger Dugas et à l'équipe du Service de la Restauration forestière pour avoir revu tout le texte avant la publication finale.

INTRODUCTION

La préparation de ce travail aura duré environ une année. Notre objectif général était de faire le point sur la sylviculture appliquée et applicable aux conditions du Québec. Plus particulièrement nous avons cherché à définir certaines stratégies sylvicoles convenant aux principales associations d'essences de nos forêts publiques en tenant compte aussi bien de l'importance des superficies qu'elles couvrent que des contraintes géographiques, sociales et économiques qui influencent leur valeur relative.

L'importance relative des principales strates fut déterminée d'après les données de l'inventaire décennal disponibles au 6 août 1975 (1). A notre avis la portion inventoriée à cette date était suffisamment représentative pour faire ressortir l'importance des strates forestières. Les résultats pour les strates que nous avons retenues et qui représentent plus de 88% des parcelles échantillonnées sont les suivants: pessières noires pures, à sapin et à bouleau: 51.6%; sapinières pures, à bouleau et à thuya: 15.7%; feuillus et mélangés nordiques: 8.5%; pineraies grises et pessières à pin gris: 7.7%; tremblaies pures, à bouleau et à sapin: 4.7%. En raison de leur importance grandissante, nous avons décidé de tenir compte des peuplements artificiels.

Les stratégies ou combinaisons de traitements à retenir ont été déterminées en considérant les opinions des experts et également en examinant

---

(1) Tanguay Michel. Importance relative des strates forestières pour l'ensemble du Québec. Rapport interne. Août 1975.

les réalisations récentes du ministère des Terres et Forêts dans ce champ d'activités. A quelques exceptions près, les stratégies sont limitées à l'emploi des traitements décrits dans la première partie de cet ouvrage.

Si nos choix semblent peu révolutionnaires, c'est qu'il s'agissait d'être réalistes en choisissant ce qui a le plus de chance d'être mis en application dans les cinq ou dix prochaines années. Nous croyons que le gros des changements durant cette période ne se fera pas par l'addition de traitements nouveaux mais plutôt par un recours en proportion différente aux traitements connus. Nous devrions également connaître une phase de mécanisation des méthodes connues, ce qui devrait impliquer une popularité grandissante des techniques facilement mécanisables.

PARTIE I

DESCRIPTION DE TRAITEMENTS SYLVICOLES, MODES D'APPLICATION ET COUTS

Cette première partie est consacrée à la description de traitements sylvicoles qui pourraient s'appliquer aux conditions forestières du Québec.

Nous avons retenu celles qui nous paraissaient les plus importantes soit parce qu'elles sont actuellement appliquées dans notre province ou parce que nous étions d'avis qu'elles recevraient une certaine attention durant les dix prochaines années.

CHAPITRE 1 - LE DRAINAGE

Ces quelques notes ont pour objectif de situer le problème des terres mal drainées, d'évaluer les possibilités de drainage et de préciser les techniques et leurs effets.

LES TERRAINS MAL DRAINES

Une des techniques les moins populaires en foresterie est certes celle qui consiste à planter dans des terrains tourbeux. On résout généralement le problème en évitant d'y faire face. Pourtant le Canada, et en particulier le Québec, est une des régions du monde les plus riches en terrains, organiques et minéraux, mal drainés.

Les terrains mal drainés, surtout organiques, se rencontrent dans les régions où la précipitation atmosphérique annuelle excède largement l'évaporation et où la température, bien que suffisante pour permettre une abondante production de matière organique, est cependant trop froide pour assurer sa décomposition rapide. Dans de telles conditions, la production de matière organique dépasse souvent la décomposition, ce qui résulte en l'accumulation des débris végétaux et en la formation de tourbe.

De telles conditions prévalent principalement dans la forêt boréale, où l'on trouve la majorité des tourbières. On rencontre aussi cependant des tourbières, bien qu'en moins grand nombre, dans la région forestière du Saint-Laurent. En plus d'être favorisées par des agents climatiques, les tourbières le sont par la présence de terrains plats et l'imperméabilité de la roche-mère vis-à-vis l'eau.

Outre les tourbières, il existe aussi des terrains minéraux mal drainés, où la croissance des arbres est limitée par une humidité excessive du sol.

En forêt boréale, le pourcentage des tourbières par rapport à l'étendue totale des terrains peut varier de 10 à 30, suivant les régions; les tourbières peuvent même occuper près de 100% du terrain, comme dans les basses terres de la baie James.

TYPES DE TOURBIERES

Certaines tourbières sont au moins partiellement boisées tandis que d'autres sont complètement dénudées. Les efforts en vue d'augmenter la production de matière ligneuse englobent donc à la fois l'amélioration des conditions de croissance des tourbières boisées et l'amélioration du terrain ainsi que le reboisement des tourbières dénudées.

Il n'est pas facile à l'heure actuelle d'estimer la proportion des tourbières boisées et dénudées au Québec, par suite du manque de données statistiques appropriées, d'autant plus que la délimitation entre ces deux (2) types de tourbière est quelque peu arbitraire. Néanmoins, on peut affirmer que la majorité des tourbières, peut-être les trois-quarts, sont boisées. On pourrait cependant faire exception de l'Abitibi et des basses terres de la baie James, où une forte proportion des tourbières semblent dénudées. En général, plus la proportion des tourbières par rapport à l'étendue totale des terrains est élevée dans une région, plus la proportion des tourbières dénudées par rapport à l'ensemble des tourbières y est élevée.

Les principales essences forestières rencontrées dans les tourbières du Québec sont l'épinette noire, le mélèze laricin, et, plus au sud, le thuya, l'érable rouge et le peuplier baumier.

CAUSES DE L'ABSENCE D'ARBRES OU DE LA CROISSANCE LENTE

Comme il existe une grande variété de types de tourbières installées sous divers climats et sur des sols diversifiés, ainsi on retrouve divers facteurs à l'origine de l'absence d'arbres ou de la croissance lente. Le principal facteur est cependant l'humidité excessive qui produit une aération déficiente et un manque d'oxygène dans le sol. Ce manque d'oxygène est provoqué par la stagnation de l'eau du sol dont le niveau demeure à proximité de la surface durant toute l'année. Comme la capacité de rétention en eau de la tourbe est très élevée, il s'ensuit qu'un mauvais drainage et un manque d'oxygène caractérisent les sols tourbeux en climat humide, même dans les terrains déclives. Conséquemment, l'amélioration du drainage constitue la première tâche dans le processus de mise en valeur des tourbières boisées et de celles qui sont dénudées. Lorsque l'eau du sol n'est pas stagnante, c'est-à-dire qu'on a des conditions de seepage, même des tourbières très humides peuvent donner une forte production ligneuse, particulièrement si le climat est relativement doux, comme l'indiquent les travaux de Payandeh (1973 a, b) en Ontario.

Les basses températures sont souvent aussi responsables de l'état dénudé ou de la faible croissance des arbres en terrain tourbeux. Par suite de la chaleur spécifique élevée de l'eau, les sols tourbeux se réchauffent lentement et demeurent froids durant toute la saison de végétation.

La pauvreté du sol en éléments nutritifs est une autre cause fréquente de la croissance ralentie des arbres en sols tourbeux. Ceci est particulièrement vrai avec les tourbières ombrotrophiques, c'est-à-dire celles dont le centre est plus élevé que les bords et dont la pluie constitue la seule source d'eau. Les tourbières minérotrophiques, qui reçoivent leur eau seepage à partir des sols minéraux voisins, sont en général mieux pourvues en éléments nutritifs. Dans les tourbières à sphaignes et à carex, dont le contenu en éléments minéraux est déjà faible, la décomposition de la matière organique et la libération des éléments nutritifs se font lentement à cause des basses températures et du milieu anaérobique. Dans ces sols, le drainage n'est pas une solution suffisante, et on doit de plus fertiliser si l'on désire créer les conditions propices à une bonne croissance forestière.

Certaines difficultés locales peuvent être provoquées par exemple par un pH trop bas, etc...

POSSIBILITES DE DRAINAGE

La rentabilité d'une opération de drainage est fonction (a) du coût de l'opération et (b) de la production ligneuse additionnelle anticipée à la suite du drainage et, s'il y a lieu, de la plantation. Cette production additionnelle dépend à son tour (a) de l'épaisseur de la tourbe et (b) des propriétés physiques et chimiques de celle-ci, en particulier son contenu en éléments nutritifs.

Comme la végétation naturelle reflète extraordinairement bien le contenu en éléments nutritifs de la tourbe, il est possible de baser l'évaluation des possibilités de drainage et celles de la croissance forestière après

le drainage, dans le cas de projets de drainage de tourbières, sur les types de végétation et les propriétés macroscopiques de la tourbe, c'est-à-dire les plantes qui se décomposent pour former la tourbe et le degré d'humidification de celle-ci. En outre, le climat doit aussi être pris en considération pour l'établissement de zones plus ou moins propices au drainage.

Ainsi, on pourrait classer les tourbières en trois (3) grands types:

a) les tourbières boisées minérotrophiques bien pourvues en eau oxygénée et comportant une couche de tourbe relativement mince;

b) les tourbières boisées ombrotrophiques, à faible contenu nutritif et dont l'eau du sol est stagnante;

c) les tourbières dénudées.

Chacun de ces types de tourbières pourrait être subdivisé en sous-types suivant une classification écologique. On consultera à cet effet divers ouvrages tels que ceux de Linteau (1956) et, plus récemment, Gauthier et Grandtner (1975). Ainsi, les mousses hypnacées, les plantes herbacées et les graminées indiquent un contenu élevé en éléments nutritifs, puis viennent les carex. Les éricacées caractérisent les stations plus pauvres, et enfin les sphaignes indiquent une oligotrophie extrême.

Le facteur climatique peut être pris en considération en divisant la province en trois (3) zones de possibilités de drainage, d'après les types écologiques et la position géographique. Par exemple, dans la zone nordique, au nord de la latitude 50^{o}, aucune tourbière ne serait drainée, tandis que dans la zone centrale, s'étendant entre les latitudes 47^{o} et 50^{o}, les tourbières

boisées les plus fertiles seraient considérées comme drainables. Dans la zone du sud, la majorité des tourbières seraient considérées comme drainables, la principale exception étant les tourbières à sphaigne.

Dans les endroits où divers types de tourbières seraient choisis en vue du drainage, la priorité serait accordée aux tourbières boisées. La principale raison réside dans le fait que, dans ce type de tourbière, la régénération naturelle peut être utilisée et qu'on évite ainsi les frais de la plantation. En outre, dans les tourbières boisées, il peut être avantageux d'exploiter le peuplement mûr avant d'effectuer le drainage, de sorte que le revenu perçu de l'exploitation du bois peut au moins partiellement couvrir les frais du drainage.

TECHNIQUES DE DRAINAGE

Deux méthodes différentes de drainage peuvent être appliquées sur une grande échelle: celle des fossés superficiels à faible espacement et celle des fossés profonds à grand espacement. La première méthode implique des fossés de 10 à 20 pouces de profondeur espacés de 10 pi.; la seconde des fossés de 30 à 40 pouces espacés de 250 à 300 pieds.

L'expérience en Scandinavie et en Finlande a cependant montré qu'un espacement entre les fossés de plus de 160 pieds est insuffisant dans la plupart des cas. En outre, des recherches y ont montré que la profondeur exerce peu d'effet sur la croissance des arbres après le drainage. Il est donc recommandé d'une façon générale que les fossés soient espacés de 100 à 200 pieds et profonds de 1 à 2 pieds à l'exception des fossés principaux dont la dimension est calculée en fonction de la quantité d'eau qu'ils doivent transporter.

EQUIPEMENT

Le creusage des fossés se fait normalement au moyen d'une charrue tirée par un tracteur ou encore avec des excavateurs. Lorsque des obstacles empêchent l'utilisation de la machinerie, l'excavation peut se faire au moyen d'explosifs. Il semble toutefois que cette dernière méthode soit plus onéreuse que l'emploi d'une machinerie appropriée.

FERTILISATION

Le drainage ne constitue pas toujours une amélioration suffisante, car bien souvent la croissance des arbres dans les tourbières est aussi limitée par la carence d'éléments nutritifs essentiels.

La quantité totale d'azote est généralement plus considérable dans les sols tourbeux que dans les sols minéraux. Dans la tourbe cependant, l'azote se retrouve sous une forme organique insoluble. De plus, les basses températures et d'autres facteurs défavorables ralentissent sa mobilisation. Il a néanmoins été démontré (Heikurainen, 1964, 1968) que le drainage et la fertilisation minérale, notamment en phosphore et en potassium, augmentent le taux de mobilisation de l'azote au point que l'addition d'azote est rarement nécessaire, si ce n'est dans les tourbières à sphaignes les plus pauvres caractérisées par un rapport C/N élevé.

Comme le phosphore et le potassium sont des éléments souvent en quantités déficientes dans les sols tourbeux, l'addition de superphosphate au taux de 1.75 onces par semis planté ou de 360 livres à l'acre est susceptible

d'apporter une réaction intéressante. La majorité des tourbières étant très acides, avec des pH variant de 3.0 à 4.5, l'application de chaux améliore les propriétés physiques de la tourbe et diminue l'acidité, ce qui favorise la mobilisation de l'azote. Cependant, on doit noter que les sols tourbeux possèdent un pouvoir-tampon élevé, de sorte que des quantités substantielles de chaux sont nécessaires pour corriger le pH.

Une pratique recommandable consiste à fertiliser les tourbières au moyen d'un engrais complet. La durée de l'effet de la fertilisation n'est pas encore connue avec précision, mais on croit que l'effet est plus durable sur les sols tourbeux que sur les sols minéraux.

PLANTATION

Comme on l'a déjà mentionné, les tourbières boisées ont avantage à être drainées en premier lieu afin d'augmenter la croissance des arbres déjà existants. Lorsque ces arbres sont trop vieux ou de pauvre qualité, il est souvent préférable d'avoir recours à la régénération naturelle. La coupe à blanc du vieux peuplement se pratique alors avant le drainage, ce qui présente un avantage du point de vue technique. La régénération préétablie est souvent abondante dans ces milieux humides, sous forme de marcottes et parfois de semis d'épinette noire, de mélèze, de thuya, de frêne noir, etc... Même les tourbières dénudées reçoivent quelquefois un ensemencement provenant des peuplements avoisinants et peuvent devenir boisées naturellement après le drainage.

Lorsqu'on désire reboiser des tourbières dénudées, la question du choix des essences devient primordiale. Le type de végétation, qui reflète le

contenu en éléments nutritifs de la tourbe, fournit certaines indications au sujet des essences à planter, mais il est aussi nécessaire de procéder à des expériences locales. Dans la plupart des cas, on peut penser que des essences indigènes comme l'épinette noire et le mélèze laricin donneront les meilleurs résultats.

La méthode de plantation qui semble la mieux adaptée aux sols tourbeux est la plantation sur andain. Avec cette méthode, les semis sont plantés manuellement sur les andains créés à partir des fossés ouverts par les charrues. De cette façon, les racines des semis se développent entre la surface originale de la tourbière et la couche de tourbe renversée qui forme l'andain.

ENTRETIEN DES FOSSES

Afin d'assurer la croissance soutenue des arbres dans les tourbières drainées, on doit entretenir les fossés régulièrement. Lorsque ceux-ci ne sont pas entretenus, ils se remplissent graduellement de végétation, de litière et de débris ligneux et perdent leur efficacité. En conséquence, la nappe d'eau s'élève à nouveau et la végétation de tourbière domine à nouveau.

Les arbres, en se développant, augmentent l'évaporation et peuvent parfois remplacer une partie des fossés, mais non tous. Avec la méthode des fossés superficiels à faible espacement, on peut n'entretenir qu'une partie des fossés, par exemple un fossé sur 4, en permettant aux autres fossés de se remplir. Cependant, lorsque la méthode des fossés profonds à grand espacement est utilisée, il est nécessaire de maintenir tous les fossés en bonne condition afin d'assurer un effet de drainage suffisant.

En général, on doit récurer les fossés à tous les 20 ans en moyenne: c'est du moins ce qui est pratiqué en Finlande. Ainsi, l'entretien des étendues drainées requiert une somme appréciable de travaux continuels. Les Finlandais estiment aussi que le coût moyen d'entretien s'élève à environ 10% de celui du drainage initial. L'entretien s'effectue en général au moyen d'excavateurs légers. Quelquefois, lorsque de vieux fossés sont complètement bouchés, il peut s'avérer plus avantageux de procéder à l'ouverture de nouveaux fossés entre les anciens, surtout si le drainage initial a été insuffisant. On pourrait possiblement réduire les travaux et les coûts d'entretien en utilisant divers types de fossés couverts, comme des tubes de plastique, etc...

PREMIERS SOINS

En général, les arbres plantés après le drainage n'exigent aucun premier soin particulier. Souvent ils exhibent une croissance rapide immédiatement après le drainage. Parfois, cependant, le taux de croissance diminue graduellement et les arbres en viennent même à mourir. C'est une indication qu'un élément nutritif essentiel, la plupart du temps le phosphore, a été épuisé. L'opinion en Ecosse (Zehetmayer, 1954) est à l'effet qu'une fertilisation au phosphore suffit pour environ 20 ans. Il faut donc au bout de ce temps répéter la fertilisation au phosphate: cette opération peut se faire par voie aérienne.

EFFETS

La seule expérience de drainage forestier pour laquelle on possède des résultats à long terme est celle effectuée en 1929 par la Cie de papier

Abitibi en collaboration avec le service forestier d'Ontario et analysée par Payandeh (1973 a, b). Le drainage a provoqué, sur une période de 40 ans, une augmentation sensible de la croissance en diamètre, en hauteur, et par conséquent en volume, aussi bien d'arbres individuels que du peuplement tout entier.

Les terrains drainés en 1929 supportaient des peuplements d'épinette noire âgés de 80 ans et appartenant à 3 qualités de station. Ceux de troisième qualité de station, d'un indice de fertilité de 30 pieds à 50 ans, possédaient un volume marchand de 38 cunits/acre en 1969, dont 17 cunits/acre étaient dus au drainage seulement. Ceux de quatrième qualité de station, d'indices respectifs de 18 pieds et de 15 pieds, possédaient un volume respectif de 18 et 11 cunits/acre, dont 11 et 9 cunits/acre provenaient de la réaction au drainage.

POSSIBILITES D'AUGMENTER LA PRODUCTION LIGNEUSE

Etant données les étendues immenses, que recouvrent les tourbières et les autres terrains mal drainés au Québec, et le peu d'efforts, mis à part les essais de Stanek (1970), consacrés à la mise en valeur de ces territoires forestiers, les possibilités en ce sens semblent illimitées. Assurément une grande partie des tourbières sont situées dans la taïga ou, du moins, au nord de la zone des forêts dites commerciales. De plus, plusieurs tourbières ne peuvent être drainées en raison de difficultés techniques, d'un milieu trop pauvre en éléments nutritifs ou pour d'autres raisons. Malgré tout, il reste encore plusieurs milliers de milles carrés de tourbières dénudées et de tourbières peu boisées dont le drainage et la plantation pourraient augmenter la production ligneuse et la possibilité de coupe annuelle.

La Finlande peut servir d'excellent exemple à cet égard. Depuis la fin de la seconde guerre mondiale, on y a drainé plus de 5 millions d'acres sur une possibilité de 15 millions. Un programme national a été préparé, visant à drainer au cours des 15 prochaines années les 10 millions d'acres de tourbières restantes, et 2.5 millions d'acres de sols minéraux mal drainés où un drainage est considéré profitable. Le drainage des tourbières est considéré praticable lorsque l'augmentation prévue de la croissance annuelle atteint au moins 30 pi.^{3}/acre. Sur cette base, on a estimé que la réalisation du programme augmentera la croissance annuelle des forêts finlandaises de 350 millions de pieds cubes, soit 20%. En intensifiant le programme de fertilisation, l'augmentation de la croissance pourrait être encore plus considérable.

L'AVENIR DU DRAINAGE FORESTIER AU QUEBEC

A présent, le drainage n'est pas considéré comme une technique sylvicole rentable au Québec. Il s'écoulera sans doute plusieurs années avant qu'on en vienne à établir des programmes opérationnels de drainage destinés à récupérer les terrains mal drainés. Entre temps, il serait important que des jeunes ingénieurs forestiers puissent se spécialiser dans les questions relatives à l'excès d'eau dans le sol et à ses multiples effets sur la forêt.

CHAPITRE 2 - LE BRULAGE CONTROLE

DEFINITION

Les incendies forestiers ont joué un rôle important dans la détermination du type et de la composition des peuplements forestiers au Québec. Le rapport étroit entre un incendie et le type de forêt qui en résulte peut aider les gestionnaires des ressources à interpréter le rôle du feu et les inciter éventuellement à utiliser cette technique.

OBJECTIFS

Le brûlage contrôlé sert surtout à diminuer les dangers de feu que représentent les accumulations de branchages après une coupe et à améliorer l'état du terrain en vue du reboisement. Les objectifs du brûlage contrôlé varient en fonction des besoins de l'aménagement. Le brûlage permet de réaliser les objectifs suivants:

- diminution des débris de coupe, de la concurrence des broussailles et des mauvaises herbes, et de l'humus avant l'ensemencement artificiel ou la plantation, ou encore par anticipation d'un ensemencement naturel à la suite d'une coupe par bandes, par exemple.

- réduction ou élimination des dangers de feu que représentent les débris de coupe, les broussailles, les mauvaises herbes, etc.

Les brûlages effectués principalement pour diminuer les dangers d'incendies accidentels sont pratiqués lorsque l'humus est suffisamment sec pour que le feu se propage de lui-même sans toutefois que le risque de propagation aux terrains voisins ne soit trop élevé. Ces brûlages se font soit au printemps, soit en automne, et ont généralement aussi pour fins secondaires de faciliter la plantation, de libérer des éléments nutritifs pour les semis, d'augmenter la température à la surface du sol, de réduire la densité des débris de coupe, etc...

Ces brûlages sont légers et ne s'avèrent efficaces du point de vue sylvicole qu'en terrain facile, où l'humus est mince et sec. A moins de laisser des arbres semenciers à l'intérieur ou en bordure du périmètre brûlé, il faut reboiser.

Avec les terrains où l'humus est épais (plus de 3 pouces), l'objectif est souvent de réduire l'épaisseur de celle-ci et d'exposer partiellement le sol minéral. Par suite de la grande quantité de débris de coupe et de la nécessité de procéder au brûlage à la suite d'une longue période de sécheresse pour que l'humus puisse se consumer, ces brûlages comportent plus de risques et sont plus coûteux. Ils sont par contre plus efficaces que les brûlages légers comme mesure de préparation du terrain.

L'efficacité d'un brûlage, au point de vue de l'installation de la régénération qui s'ensuit, dépend principalement des facteurs suivants: le moment d'application, l'intensité du feu, la présence d'une source de semence, la nature et la densité de la végétation qui s'installe après le feu, la nature des lits de germination, l'épaisseur de l'humus résiduel, la qualité du

sol minéral et le temps qu'il fait durant les jours qui suivent l'ensemencement (naturel ou artificiel) ou la plantation.

POSSIBILITE D'APPLICATION

Il existe au Québec des possibilités d'application de brûlages contrôlés dans les types de forêts suivants, pour régénérer ces essences: épinette noire, pin gris, bouleau blanc, bouleau jaune, pin rouge, peuplier faux-tremble.

La technique du brûlage contrôlé pourrait être éventuellement utilisée à des fins d'aménagement d'habitats pour la faune et de transformation en des types de forêts plus désirables; peu de recherches ont cependant été effectuées dans ces domaines, et les guides font presque totalement défaut.

PROGRAMMES ACTUELS

La technique du brûlage contrôlé n'est pratiquement pas utilisée au Québec, alors qu'en Ontario on a brûlé vers la fin des années 1960 plus de 5,000 acres de terrains récemment exploités par année (Kül et Chrosciewicz, 1970).

COUTS

Les coûts directs associés au brûlage contrôlé dépendent principalement des dangers de propagation et de l'étendue brûlée. Ils peuvent varier

de moins de $5/acre pour des brûlages étendus à des fins de réduction des dangers de feu à plus de $12/acre pour de petits brûlages à des fins sylvicoles. En Ontario, les coûts directs variaient en 1970 de $1/acre pour des brûlages de plusieurs centaines d'acres à $5/acre pour de petits brûlages à des fins sylvicoles.

L'usage du feu à des fins spécifiques comporte naturellement des risques de dommages aux peuplements adjacents. La probabilité d'"échapper" un feu contrôlé augmente avec le danger de feu, de telle sorte que le coût d'extinction et l'évaluation des dommages aux peuplements adjacents doivent être ajoutés aux coûts totaux du brûlage. Cependant, les coûts directs de la plupart des brûlages contrôlés se comparent avantageusement avec les coûts d'extinction des incendies forestiers.

Néanmoins, la possibilité d'"échapper" le feu lors d'un brûlage et les effets parfois inconnus de celui-ci défavorisent l'acceptation courante de cette technique en aménagement forestier. On préfère généralement recourir à des moyens mécaniques, comme le scarifiage du sol. Cependant, avant de juger de l'utilité du feu on se devra d'évaluer ses conséquences possibles sur la pollution de l'air, de l'eau et du sol contre les avantages obtenus par son utilisation incluant la réduction des probabilités d'incendies accidentels.

CHAPITRE 3 - L'EMPLOI DES HERBICIDES ET DES SYLVICIDES

DEFINITION

L'établissement de nouveaux peuplements au moyen d'ensemencement artificiel ou de plantation exige souvent une préparation du terrain comme mesure préalable. La plupart du temps, la présence de broussailles ou de mauvaises herbes constitue le facteur limitatif responsable d'une diminution de la croissance des plantations. Plus le terrain est fertile, plus la croissance est réduite et plus il importe de contrôler les broussailles et les mauvaises herbes. Parfois la concurrence exercée par celles-ci est si intense que la mortalité des semis s'ensuit. Il va sans dire que le gestionnaire doit apporter une grande attention à la solution de ce problème.

Les méthodes traditionnelles de la sylviculture, fondées sur l'emploi d'une main-d'oeuvre abondante, ne sont plus acceptables économiquement. Les méthodes mécaniques sont moins coûteuses et le prochain chapitre est consacré à leur emploi (scarifiage). Mais les sylvicides, aussi appelés débroussaillants, constituent un outil puissant et versatile, permettant souvent d'opérer à moindre coût.

HISTORIQUE

Les sylvicides, tels que l'arsénite de sodium et le sulphamate d'ammonium, ont été utilisés à très petite échelle jusqu'en 1942. Cette année-là, le premier sylvicide hormonal, le 2,4-D, a été synthétisé. Depuis ce temps, on

dispose en foresterie d'un arsenal important et varié allant des produits résiduels non sélectifs, comme le fénuron, aux produits non résiduels et non sélectifs tels que le paraquat.

OBJECTIFS

Les sylvicides servent indirectement à détruire les essences forestières indésirables et les broussailles. Le contrôle des broussailles sert en fait à permettre une meilleure croissance des arbres. La destruction des broussailles n'est qu'une étape du processus de reboisement. L'objectif poursuivi par le contrôle des broussailles consiste à augmenter le volume et améliorer la qualité des bois produits.

EFFETS BENEFIQUES

Les sylvicides apportent aux arbres des éléments nutritifs qui autrement seraient absorbés par les herbes, de même que les éléments qui proviennent des herbes mortes. Pour que l'application des sylvicides soit efficace, il faut que ces éléments additionnels soient captés par les arbres. Si ces éléments sont perdus par lessivage dans le sol, il y a alors appauvrissement de la station. De la même façon, si ces éléments sont libérés en quantités plus grandes que les arbres ne peuvent les absorber, il n'en résulte aucun bénéfice pour l'arbre. Dans l'un et l'autre cas, c'est de l'argent gaspillé. Le contrôle chimique des broussailles doit reposer sur un fondement écologique, sinon on court vers des échecs certains ou même des perturbations du milieu.

TYPES DE SYLVICIDES

Plusieurs produits chimiques ont des propriétés phytocides: les ingénieurs forestiers savent bien, par exemple, qu'un surdosage d'engrais peut faire mourir facilement les arbres.

Les principaux sylvicides employés de nos jours en foresterie sont les suivants: 2,4-D, 2,4,5-T, silvex, fenuron, silvisar, tordon. L'énumération s'allonge d'année en année.

Non seulement les sylvicides sont-ils diversifiés, mais les méthodes d'application le sont également. Un sylvicide peut produire différents effets suivant la saison, le mode d'emploi, le dosage et le milieu où il est employé. Des mélanges de sylvicides peuvent accroître la versatilité de cette technique. Ainsi, l'efficacité de certains sylvicides est accrue par la présence d'un second. D'autres sylvicides agissent indépendamment l'un de l'autre. D'autres encore sont antagonistes vis-à-vis l'un de l'autre, tandis que certains mélanges produisent un effet synergique, c'est-à-dire plus grand que la somme des effets individuels.

Les sylvicides utilisés communément en foresterie et énumérés ci-haut sont considérés comme peu toxiques envers les mammifères, y compris l'homme. Il existe néanmoins divers degrés de toxicité parmi ces produits, et par exemple le tordon 101 est considérablement moins toxique que le 2,4-D ou le 2,4,5-T.

PERSISTANCE

La persistance dans le sol varie également d'un sylvicide à l'autre. Le sort d'un sylvicide, une fois qu'il a été appliqué, dépend de plusieurs facteurs, dont les propriétés physiques et chimiques du produit et du sol, les caractéristiques morphologiques, biochimiques et physiologiques de la végétation traitée, les microorganismes présents dans le sol et le temps qu'il fait, notamment le rayonnement solaire. La dégradation des sylvicides par les microorganismes du sol est le principal facteur agissant sur la persistance. En fait, tous les sylvicides employés en foresterie peuvent être décomposés par les microorganismes tels que les bactéries, les champignons microscopiques et les actinomycètes.

En fait, la persistance des sylvicides n'est pas un problème grave en foresterie. Les faibles dosages et les petites quantités normalement employées, de même que la fréquence réduite des applications tendent à diminuer les risques de contamination de la chaîne alimentaire. Seul le tordon peut présenter certains inconvénients de ce point de vue.

POLLUTION

Inévitablement, le sujet des sylvicides soulève la question de la contamination de l'environnement. Il faut mentionner qu'en dépit du climat général de désapprobation quant à l'usage des pesticides, les sylvicides ont largement échappé aux interdictions. Il est certain, dans l'ensemble, que les sylvicides sont beaucoup plus sûrs que les insecticides. Même dans les

cas où des critiques se sont élevées contre l'application de sylvicides ou d'herbicides, comme à l'égard du 2,4,5-T aux Etats-Unis (Nelson, 1969), il s'agissait de situations agricoles, impliquant des applications fréquentes et des doses massives, et non pas de travaux forestiers.

Bien que l'usage des sylvicides implique des dangers en soi, il n'existe actuellement aucun indice permettant de croire qu'un usage normal des sylvicides couramment utilisés en foresterie est nuisible à l'homme, à la faune sauvage ou à la végétation forestière en général, si ce n'est à très court terme. En fait, l'emploi des sylvicides en aménagement faunique constitue un excellent témoignage de la valeur de cette technique.

USAGES SYLVICOLES

La végétation concurrente peut priver les arbres de la lumière, de l'humidité et des éléments nutritifs indispensables à leur survie et à leur développement. On reconnaît généralement l'importance de la lumière et de l'humidité, mais la concurrence pour les éléments nutritifs est plus difficile à visualiser. Parce que la nutrition des plantes est un processus plus complexe que l'absorption d'eau, l'importance du facteur fertilité a été sous-estimé. De même l'a été l'effet de fertilisation des sylvicides.

La végétation concurrente dans les plantations établies en terrain abandonné est ordinairement constituée de mauvaises herbes et de foin. Ailleurs, la concurrence est exercée principalement par des broussailles et des essences indésirables.

Que l'opération soit économiquement justifiable ou non, un contrôle chimique peut s'avérer remarquablement efficace dans la plupart des cas. Ce contrôle peut être pratiqué à n'importe quel stade de développement, mais il est particulièrement critique durant la phase d'installation de la jeune plantation (Sutton, 1969).

Les broussailles présentent une concurrence sévère vis-à-vis les jeunes arbres parce que leur entrelacs de racines leur permet d'absorber l'eau et les ions nutritifs dès qu'ils deviennent disponibles. Lorsqu'on ajoute des engrais afin de corriger des déficiences minérales, les broussailles et les mauvaises herbes réagissent plus vite que les arbres, ce qui accentue la position concurrentielle des broussailles et des mauvaises herbes à moins qu'on utilise des herbicides simultanément. Les produits les plus couramment utilisés pour éliminer ou contrôler les mauvaises herbes sont le paraquat et la simazine. Une application de 2 à 6 livres d'ingrédient actif de simazine à l'acre, faite au moment du plantage, permet en général de contrôler les mauvaises herbes durant une période de 2 à 3 ans, et il est rarement nécessaire de répéter le traitement.

Quant aux broussailles et aux essences feuillues indésirables, elles peuvent être contrôlées sans danger pour les plants de conifères lorsqu'on utilise la propriété de sélectivité de certains sylvicides. Ainsi les jeunes semis ou plants, dont la cime ou le système racinaire est restreint, absorbent des quantités moindres de sylvicides que les plantes bien établies à large cime et à système racinaire étendu.

MODES D'APPLICATION

La façon habituelle de contrôler les broussailles consiste à arroser le feuillage au moyen de 2,4-D ou de 2,4,5-T en émulsion dans l'eau. Cette opération s'effectue depuis le moment où les feuilles ont atteint leur taille maximum jusqu'à la fin de la période d'élongation des tiges. Le 2,4-D coûte moins cher que le 2,4,5-T, et il est efficace pour contrôler certaines espèces comme l'aulne, mais le 2,4,5-T est indispensable avec des essences plus résistantes telles que l'érable à épis et le framboisier. En général, on utilise des concentrations d'ingrédient actif variant de 2 à 6 livres d'équivalent d'acide à l'acre dispersés dans un volume d'eau de 50 à 100 gallons (dans le cas d'une application terrestre). L'application peut se faire à partir du sol, au moyen de pulvérisateurs, ou par la voie des airs. Dans ce dernier cas, le coût d'opération peut varier de $25 à $40 l'acre. (1974)

Les arbres individuels peuvent être tués soit par annelage, soit par injection, au moyen de 2,4,5-T ou de silvisar. L'injection peut se pratiquer au moyen d'injecteurs ou d'un instrument spécial appelé "Hypo-hatchet". On peut aussi employer divers produits granuleux appliqués sous forme d'épandage.

CHAPITRE 4 - LE SCARIFIAGE DU SOL

DEFINITION

Le scarifiage est une méthode de préparation mécanique du terrain en vue de la plantation de semis à racines nues et de semis en récipients ou de la préparation de bons lits de germination pour l'ensemencement artificiel ou encore pour aider la régénération naturelle obtenue à partir des sources de semences existantes.

BESOINS

D'après l'expérience ontarienne, on peut estimer qu'environ la moitié des étendues qui font l'objet de coupes finales requièrent des mesures de préparation du terrain comme le scarifiage, le brûlage, l'arrosage. avec des sylvicides et l'application de méthodes de coupe à blanc modifiées. Il va sans dire que le scarifiage est le traitement appliqué dans plus de 90% des cas.

PROGRAMMES ACTUELS

Au Québec, à peine 14,000 acres d'étendues récemment exploitées ont été scarifiées en 1975-76, alors que les besoins annuels sont beaucoup plus considérables. Par comparaison, l'Ontario avait déjà un programme de scarifiage de 6,700 acres en 1957, lequel s'élevait à 75,000 acres en 1968 (Hall, 1970).

En 1974-75, cette province devait traiter plus de 175,000 acres par scarifiage.

TYPES DE PEUPLEMENT

Parmi les essences forestières économiquement importantes, il en est plusieurs qui nécessitent des mesures particulières de scarifiage après la coupe en vue d'assurer leur régénération naturelle à partir des sources de semences existantes. Les principales sont l'épinette noire, le pin gris et le bouleau jaune. Les bûchés récents, c'est-à-dire ceux de moins de 2 ans, de pin gris, où la semence portée dans les débris de coupe est encore viable, peuvent en principe être scarifiés en vue d'aider la régénération naturelle de cette essence. En fait, une bonne part des travaux de scarifiage effectués au Québec avant 1972 l'ont été à cette fin. Depuis 1972 cependant, les aires de coupe de pin gris sont de préférence ensemencées ou plantées. Le bouleau jaune lui aussi nécessite un scarifiage après une coupe à blanc modifiée en vue d'obtenir sa régénération naturelle à partir des sources de semences existantes. En ce qui concerne l'épinette noire, une scarification après une coupe à blanc par bande favorise une meilleure régénération à partir de la semence.

On doit s'empresser d'ajouter cependant que la majorité des travaux sont actuellement effectués non pas en vue de la régénération naturelle, mais plutôt en vue du reboisement soit par ensemencement artificiel, soit par plantation. Comme les programmes d'ensemencement artificiel ont tendance à se développer, principalement en forêt boréale, où la main-d'oeuvre de plus en plus

rare n'est pas disponible pour les travaux de plantation, il s'ensuit que le scarifiage, qui est une mesure préalable indispensable à l'ensemencement articiciel, y gagne en importance. On peut donc s'attendre à l'avenir qu'au moins 90% des opérations de scarifiage seront effectuées à des fins de reboisement, principalement la plantation de semis d'épinette et de pin et l'ensemencement artificiel du pin gris et d'épinette noire, par voie aérienne ou terrestre. Une expansion marquée des programmes actuels de production et de plantation de semis en récipients pourrait accentuer encore plus cette tendance.

OBJECTIFS

Le scarifiage s'effectue donc présentement en vue de reboisement, par plantation de semis d'épinettes, de pins et de mélèzes, ou par l'ensemencement artificiel à partir du sol, au moyen de diverses machines, ou par voie aérienne, au moyen d'avions légers ou d'hélicoptères. L'ensemencement artificiel est une méthode qui n'est opérationnelle qu'avec le pin gris, cependant.

Des travaux de scarifiage du sol seraient aussi nécessaires pour régénérer le bouleau jaune, mais aucun travail opérationnel n'est effectué présentement à cette fin au Québec.

Il existe d'autres conditions de terrain qui présentent des difficultés trop grandes, à cause de l'état actuel de la technologie. Les terrains humides où croissent les pessières de sites 3 et 4 requièrent des modifications

aux coupes à blanc habituelles, par exemple des coupes par bandes, afin d'aider à contrôler la nappe phréatique. Peu de travaux de recherche ont été effectués sur les propriétés de ces terrains humides et relativement pauvres qui recouvrent pourtant des étendues considérables en forêt boréale, surtout dans l'Ouest du Québec. D'autres terrains qui présentent des difficultés parfois considérables sont les vieux "bûchés", c'est-à-dire de plus de 3 ans... jusqu'à 20 ans ou plus et non régénérés: ils sont souvent envahis par des broussailles ou par des essences indésirables. Les équipements actuels de scarifiage sont inadéquats et nos connaissances insuffisantes. Les rouleaux broyeurs (Letourneau tree crusher) ou d'autres machines semblables pourraient éventuellement servir à récupérer ces étendues.

EQUIPEMENTS

Un large éventail d'équipements sont actuellement disponibles, et d'autres sont en cours de développement notamment en Ontario et en Scandinavie. Le choix d'un équipement de scarifiage approprié est fonction des propriétés du sol, de la physiographie, de même que de la quantité de débris de coupe.

L'équipement actuellement utilisé dans les travaux de scarifiage sur une base opérationnelle peut être divisé en quatre (4) groupes: celui placé à l'avant d'un tracteur sur chenilles, celui tiré derrière un tracteur sur roues ou une débusqueuse, celui traîné sur le sol et l'équipement porté.

L'équipement monté à l'avant d'un tracteur sur chenilles consiste dans une lame conventionnelle, une charrue en "V" ou une lame dentée. Les

scarificateurs tirés par un tracteur ou une débusqueuse sont des machines suédoises et finlandaises telles que semoir mécanique par poquet (Brackekultivatorn). Les scarificateurs traînés au sol sont soit des chaînes d'ancre, soit des barils à ailerons, ou encore un assemblage des deux. Il y a enfin les équipements portés, tel le scarificateur à disques dentés obliques (TTS Disk Trencher).

Le choix de l'équipement de scarifiage dépend principalement de la quantité de débris de coupe, des propriétés du sol et de la physiographie.

Les lames et les charrues sont employées en Ontario pour scarifier dans les peuplements de feuillus nordiques en vue de la régénération naturelle du bouleau jaune. Les charrues sont également efficaces pour sectionner les broussailles en vue de préparer le terrain à la plantation. Les lames dentées servent à préparer les terrains recouverts de mauvaises herbes et de broussailles légères pour l'ensemencement artificiel. De nos jours, cependant, on préfère utiliser les scarificateurs suédois, notamment le semoir mécanique par poquet qui scarifie et ensemence en une même opération. Les barils avec chaînes servent aux opérations de scarifiage dans les "bûchés" récents où l'humus est moyennement épais et les débris abondants.

COUTS

Les coûts directs du scarifiage varient de $20/acre sur sol sableux et terrain plat à $35/acre et plus en terrain difficile. En 1975-76, le coût moyen des opérations de scarifiage (pin gris surtout) effectuées au Québec a été d'environ $25/acre.

CHAPITRE 5 - L'AMELIORATION DES ARBRES

L'amélioration des arbres désigne l'ensemble des travaux ayant pour objectif de produire des arbres aux qualités génétiques améliorées pour utilisation dans les programmes d'ensemencement et de plantation. Ces notes visent à décrire brièvement l'effort poursuivi au Québec, à évaluer les gains réalisables, à examiner les coûts et les bénéfices et enfin à préciser les besoins.

PROGRAMMES D'AMELIORATION DES ARBRES

Un programme complet d'amélioration des arbres inclut normalement des études de croisements d'arbres, la sélection d'arbres "plus" et des tests sur la survie et la croissance des descendants, des essais de survie et de croissance de diverses provenances, l'installation de peuplements semenciers, de vergers à graines et de banques de clones. Diverses études doivent aussi porter sur l'identification des populations supérieures d'arbres. Ces travaux devraient normalement avoir en vue le développement d'arbres à croissance rapide et bien formés afin que les investissements faits dans la plantation et l'aménagement puisse rapporter les meilleurs bénéfices. Les principales essences devraient aussi faire l'objet de ces recherches.

Bien que les programmes d'amélioration génétique des arbres au Québec soient restreints, l'intérêt pour l'emploi du matériel de reboisement amélioré va en augmentant. Les principaux programmes de recherche sont poursuivis par le Centre de Recherches Forestières des Laurentides d'Environnement

Canada, le Service de la Recherche du Ministère des Terres et Forêts et la Faculté de Foresterie et de Géodésie de l'université Laval. Ils visent à étudier la croissance et la survie des principales essences à reboiser, la résistance d'hybrides et de clones aux maladies, ainsi que la croissance et la survie de diverses essences feuillues et notamment les peupliers hybrides[1].

GAINS REALISABLES

Les programmes à long terme sur l'amélioration des arbres coûtent cher. Il est important de savoir si leurs objectifs peuvent être atteints plus rapidement et à moindres frais par d'autres moyens. Ces objectifs consistent à produire des arbres doués d'une forte croissance et d'une forme désirable en plantation, capables de résister aux rigueurs de l'environnement et de donner une production ligneuse commercialisable. Il faut aussi que ces arbres puissent être propagés facilement par la graine ou par bouturage.

De toute évidence, les techniques sylvicoles peuvent augmenter le taux de croissance et améliorer la forme et la qualité des arbres, de même que l'emploi de semences locales est susceptible de produire des arbres bien adaptés au milieu. Pourquoi alors ne pas employer simplement ces techniques? Pourquoi vouloir produire des arbres aux qualités génétiques améliorées?

On peut fournir au moins quatre réponses à ces questions. En premier lieu, bien que l'emploi de semences locales constitue en général un choix judicieux, il est connu que dans certains cas, notamment avec l'épinette blanche et le pin gris, les populations locales possèdent un taux de croissance

---

[1] Vallée (1975) fournit une excellente description de l'effort d'amélioration d'arbres forestiers au Québec.

inférieur à celui d'autres populations qui sont également rustiques et bien adaptées au milieu. En deuxième lieu, l'emploi d'arbres génétiquement supérieurs est susceptible de produire les plus grands bénéfices économiques de l'investissement fait dans le reboisement.

En troisième lieu, une fois que les connaissances de base sont acquises, la production de semences améliorées coûte moins cher que la pratique de techniques sylvicoles telles que la fertilisation: en effet, les coûts additionnels se rapportent à celui de la graine seulement. Enfin, l'amélioration génétique persiste dans les générations futures.

Etant donné que les programmes québécois d'amélioration des arbres sont tout récents, nous ne faisons que commencer à obtenir des résultats tangibles qui démontrent les bénéfices réels découlant de l'emploi de graines améliorées. Ces programmes sont en voie de démontrer que diverses caractéristiques d'importance économique chez les arbres sont déterminées génétiquement. Parmi ces caractéristiques, on retrouve le taux de croissance, la forme du fût, les caractéristiques des branches, la résistance aux insectes nuisibles et aux maladies, les propriétés du bois (densité, épaisseur des membranes cellulaires, proportion de bois d'été par rapport au bois de printemps, grain spiralé) qui influent sur la qualité de la pâte, la production de sève et le taux de sucre dans celle-ci, etc...

Ainsi, certains hybrides de peupliers montrent durant leurs premières années une croissance en hauteur remarquable, tandis que des provenances d'épinette blanche possèdent un taux de croissance en hauteur supérieur de 20% à celui de populations locales. Ces provenances à croissance rapide possèdent également un taux de survie supérieur à la moyenne.

D'autres programmes tentent de montrer jusqu'à quelle distance de leur lieu d'origine on peut utiliser des graines pour le reboisement. On a démontré, par exemple, que lorsque la graine d'épinette noire est utilisée à un degré de latitude au nord de son origine, les arbres croissent 3% plus vite que la population locale; lorsque la graine est utilisée à plus de 2 degrés au nord, cependant, les risques d'échec sont grands en raison de la non rusticité des plants. Si de telles directives pouvaient être émises dans l'avenir pour les principales essences de plantation, on pourrait mieux planifier les récoltes de fruits en vue de satisfaire aux besoins en semences pour le reboisement.

RENTABILITE

Diverses analyses, par exemple celle de Davis (1969) aux Etats-Unis, ont indiqué les coûts et les bénéfices inhérents aux programmes d'amélioration des arbres, en particulier des pins du sud. La plupart de ces analyses montrent que si les programmes peuvent produire des arbres donnant seulement 2% à 5% plus de bois que les arbres provenant des collectes ordinaires de graines, l'augmentation en valeur des produits ligneux fait plus que compenser les coûts additionnels afférents à la production de graines améliorées.

Au Canada, les analyses coûts-bénéfices effectuées en liaison avec les programmes d'amélioration génétique de l'épinette blanche (Carlisle et Teich, 1970) démontrent que les investissements dans la graine améliorée sont profitables si l'on peut obtenir des arbres produisant 15% plus de bois que

ceux provenant des graines ordinaires récoltées localement; cette production accrue semble tout à fait possible à réaliser. Ainsi, graduellement, la rentabilité des investissements dans l'amélioration génétique des arbres est en train d'être démontrée.

BESOINS FUTURS

Suivant les estimations (Cayford et Bickerstaff, 1968; Anonyme, 1975 d), il y aurait au Québec 200,000 acres de plantations environ, et l'étendue reboisée augmenterait d'environ 50,000 acres annuellement. Les besoins annuels en semences pour le reboisement sont évalués à environ 4,500 hectolitres (100,000 boisseaux) de cônes. Présentement, la plupart des semences utilisées pour le reboisement proviennent des récoltes ordinaires, mais de plus en plus on exigera des graines de qualité supérieure provenant de parents génétiquement supérieurs, surtout lorsqu'on aura pleinement constaté les économies réalisables eu égard à un taux de survie et un taux de croissance plus élevés ainsi qu'à des interventions culturales moins fréquentes.

On doit prendre conscience qu'il existe au Québec un réservoir inexploité de gènes d'une grande valeur économique potentielle qu'il faudra bien un jour mettre en valeur si la province doit conserver sa position sur les marchés mondiaux du bois.

CHAPITRE 6 - L'ENSEMENCEMENT ARTIFICIEL

DEFINITION

L'ensemencement artificiel consiste à épandre, à partir du sol ou du haut des airs, des graines préalablement traitées sur un terrain préparé à cette fin. Cette méthode de reboisement a résulté du besoin de régénérer à bon marché et d'une façon mécanisée des étendues brûlées ou exploitées dans les zones moins accessibles de la forêt boréale.

Bien que cette méthode soit connue depuis quelques dizaines d'années, son emploi au Québec sur une échelle planifiée est récent. Le programme québécois d'ensemencement artificiel a progressé ces dernières années, passant de 2,600 acres en 1972-1973 à 7,700 acres en 1975-1976. Pratiquement, tout l'ensemencement au Québec se fait en pin gris.

METHODES

Les principales méthodes d'ensemencement utilisées sont l'ensemencement à la volée au moyen d'avions légers ou d'hélicoptères et l'ensemencement localisé au moyen de scarificateur suédois Brackekultivatorn. Le "Bracke" possède 2 unités de décapage du sol qui produisent 1,000 à 1,200 poquets à l'acre. L'appareil peut déposer automatiquement 5 à 15 graines sur chacun de ces poquets. Le coût moyen de scarifiage et de l'ensememcement suivant cette méthode était de $15 à $25/acre au Québec en 1975-1976, incluant le coût de production des graines.

EFFETS

Trois (3) facteurs principaux affectent le résultat d'un ensemencement artificiel: ce sont les conditions atmosphériques, la nature des lits de germination ainsi que la quantité et la distribution des graines. Il existe d'autres agents comme les rongeurs et les oiseaux, mais leur importance est considérée comme moindre étant donné que les graines sont enduites de répulsifs avant leur utilisation. De toute façon, aucune donnée n'existe sur ce sujet et au Québec il est difficile de se prononcer sur l'influence que ces agents exercent sur le résultat des ensemencements actuels.

Les facteurs climatiques influencent le résultat des ensemencements de diverses façons. Les longues périodes de sécheresse estivale, surtout lorsqu'elles sont accompagnées de températures élevées et de forts vents, peuvent provoquer une mortalité chez les semis au cours des 2 premières années. Les pluies torrentielles peuvent déplacer les graines, ce qui réduit ou retarde leur germination et produit une mauvaise distribution.

Avec le pin gris, il apparaît que la distribution des semis est d'autant meilleure que la préparation du terrain est intense. Le scarifiage doit non seulement enlever les broussailles et les herbes, mais en même temps mélanger l'humus et le sol minéral afin de créer un lit de germination réceptif.

La quantité de semences de pin gris utilisée dans les projets d'ensemencement aérien est en moyenne de 20,000 graines viables à l'acre. Ce taux résulte parfois en un nombre de semis surabondant, lorsque les lits de germination sont très réceptifs, et parfois en un nombre insuffisant lorsque les lits

sont peu réceptifs, que le scarifiage est incomplet ou que les conditions atmosphériques ne sont pas favorables. Il ne faut pas oublier cependant que la germination des graines du pin gris peut se faire sur une période de quelques années. Par ailleurs, il faut noter que l'emploi de répulsifs diminue le taux de germination des semences.

CHAPITRE 7 - LES PLANTATIONS

HISTORIQUE

La plantation au Québec s'est effectuée à une échelle réduite depuis environ 1910 jusqu'au début des années 1960. Depuis ce temps, le nombre de semis plantés annuellement a presque décuplé, passant d'à peu près 5 millions en 1960 à plus de 36 millions en 1975 sur les forêts privées et publiques.

Les objectifs de la plantation ont évolué, durant cette période, de la façon suivante. Initialement, le reboisement était effectué pour retenir en place les dunes et autres étendues sableuses. Il s'agissait de réhabiliter des sols pauvres et l'on utilisait, pour ce faire, des essences introduites comme le pin sylvestre et l'épinette de Norvège.

Par la suite, on a utilisé en plantation des essences indigènes comme les épinettes et les pins à des fins de production ligneuse, notamment dans les bûchers, les brulis et les terrains abandonnés par l'agriculture. Durant les 5 dernières années, un effort a été fait pour planter des arbres aux abords des autoroutes. Depuis quelques années, le ministère des Terres et Forêts octroie des arbres aux propriétaires privés pour contrer l'érosion par l'eau ou comme brise-vent. Il existe aussi actuellement des projets de reboisement comme celui de la rivière Yamaska dont les objectifs consistent à régulariser le débit des eaux du bassin, stabiliser les rives, etc...

CONDITIONS DE MILIEU

Les terrains plantés ont varié, quant à la texture du sol, depuis les sables grossiers des dunes jusqu'aux argiles fines de l'Abitibi par exemple, en passant par les limons et les sols organiques.

Les conditions d'humidité du sol des terrains plantés varient aussi largement, depuis les sommets secs et dénudés jusqu'aux sols humides. Les sols secs et grossiers sont caractérisés par une couverture herbacée légère. Les sols plus lourds possèdent une couverture végétale de mauvaises herbes et de broussailles, alors que plusieurs terrains abandonnés sont envahis par une végétation ligneuse indésirable d'aulnes, de saules, d'érables et d'autres espèces. Les terrains organiques possèdent en général une couverture dense d'éricacées.

ESSENCES

Le pin sylvestre, le pin gris et le pin rouge ont été largement utilisés dans les premières plantations. Le pin gris, dont les cônes sont faciles à récolter en tout temps et qui se cultive bien en pépinière, est encore utilisé en particulier dans le Nord-Ouest du Québec, la Gaspésie et le Saguenay-Lac St-Jean.

Dans les régions méridionales, il est préférable de lui substituer le pin rouge qui donne de meilleurs rendements, sauf dans les terrains exposés à texture grossière. Quant au pin sylvestre, il est utilisé surtout pour la production d'arbres de Noël et peut convenir pour la production de

matière ligneuse en autant que la provenance des ressources convienne.

Le pin rouge, l'épinette blanche, l'épinette de Norvège et l'épinette noire sont aussi communément employés et constituent encore aujourd'hui la majorité des plants de reboisement. Les essais de plantation de feuillus ont généralement été infructueux à cause de la présence des rongeurs, du gel, de terrains non propices et du manque de soins.

ESPACEMENT ET ARRANGEMENT

L'espacement moyen recommandé est de 7 pieds sur 7 pieds, soit environ 900 arbres à l'acre, du moins pour les plants de conifères.

De plus en plus, on tend à favoriser un grand espacement pour les raisons suivantes:

- les opérations d'exploitation lors de la première éclaircie sont facilitées;
- le fait de retarder l'époque de la première éclaircie permet d'y récolter un volume de bois de diamètre plus élevé.

PREPARATION DU TERRAIN

Les terrains dans lesquels on peut ouvrir des sillons peuvent être plantés mécaniquement. La seule exception concerne les terrains mouillés où

il convient de pratiquer des sillons espacés aux 6 pieds en automne, retardant le plantage, sur le dessus du sol renversé, au printemps suivant. Les sols sableux humides doivent être traités de cette façon, et l'on peut appliquer du 2,4,5-T en émulsion si l'on craint un retour rapide des arbustes. Diverses charrues peuvent être employées pour ouvrir les sillons, allant des petites charrues de ferme aux gros appareils utilisés, par exemple, à l'époque de la colonisation. Ces derniers appareils pourraient éventuellement servir à préparer les terrains humides, glaiseux ou organiques. Ces méthodes sont encore expérimentales au Québec à l'heure actuelle.

DEBROUSSAILLAGE

Divers appareils, allant des scies circulaires jusqu'aux débroussailleuses mécanisées, du genre Nicolas, ou même le Letro-Crusher, peuvent servir à éliminer les aulnes, saules et autres espèces ligneuses avant le plantage. Ces méthodes sont toutefois d'un emploi limité et sont coûteuses.

DECAPAGE

Le décapage consiste à enlever manuellement la couche de racines et de plantes à la surface du sol sur un carré d'environ un pied de côté. Le semis est planté près de la ligne qui sépare le sol renversé et le carré de sol minéral dénudé, de façon à diminuer la concurrence de la végétation nuisible sur une étendue double de celle qui a été décapée. Cette méthode peut s'appliquer dans les terrains recouverts d'éricacées ou de broussailles de faible hauteur; on ignore son coût.

ARROSAGE

L'application de produits chimiques destinés à éliminer les broussailles avant ou après le plantage peut se faire soit isolément, soit conjointement avec le débroussaillage. Les principaux sylvicides employés à cet effet sont le 2,4-D, le 2,4,5-T et le silvex. La simazine sert à éliminer les mauvaises herbes sur des lisières d'environ 2 pieds de largeur, le long des rangées des plants.

PLANTATION MANUELLE

Avant l'introduction des planteuses mécaniques en 1967, les arbres étaient plantés manuellement, au moyen d'une pelle. Depuis cette date, le pourcentage des plantations effectuées manuellement est d'environ 50%.

La productivité de la main-d'oeuvre affectée aux travaux de plantage varie de 400 à 900 arbres par jour-homme. La moyenne est d'environ 600 arbres par jour-homme.

Par suite des variations dans la qualité de la main-d'oeuvre et dans les difficultés du terrain, les coûts de la plantation manuelle sont loin d'être uniformes. En 1975-1976, ces coûts s'élevaient en moyenne à $65 du mille plants avec une moyenne de 650 semis plantés à l'acre.

PLANTATION MECANISEE

Elle se pratique au moyen de diverses planteuses dans les terrains

qui ne présentent pas de difficultés particulières. En général, une équipe de 3 hommes, y compris le chauffeur du tracteur, effectue le plantage: la production de l'équipe varie de 4,000 à 9,000 arbres par jour, avec une moyenne d'environ 700 arbres par heure-machine.

Les coûts au Québec en 1975-1976 ont été de $45 du mille plants, avec une moyenne de 1,000 semis plantés à l'acre.

EVOLUTION RECENTE

Les méthodes de plantation évoluent rapidement, surtout dans les domaines de l'utilisation de semis en récipients, du contrôle chimique des broussailles, des espacements et des arrangements de plants, de l'emploi des sillons ainsi que des premiers soins aux jeunes plants. A l'avenir, les méthodes de plantage devront tenir compte des pratiques d'aménagement telles que les éclaircies. Diverses contraintes reliées aux loisirs et à l'environnement viendront également modifier les façons habituelles de procéder. Un programme plus considérable de plantations, effectuées par des méthodes manuelles et mécanisées, sera nécessaire pour satisfaire tous ces besoins et une plus grande variété d'essences principalement feuillues devront être disponibles pour le reboisement à des fins multiples.

Dans le passé, environ 70% des plantations se sont effectuées sur terrains privés où les conditions de terrain, la proximité des marchés et la disponibilité de main-d'oeuvre étaient des plus favorables. Les tendances futures sont vers un plus grand recours aux plantations dans les forêts pu-

bliques où les conditions posent de plus grands défis impliquant des coûts plus importants directement encourus par le ministère des Terres et Forêts.

CHAPITRE 8 - L'EDUCATION DES PEUPLEMENTS

OBJECTIFS

On entend par "éducation des peuplements"[1] l'ensemble des mesures sylvicoles ayant pour but d'influencer le développement quantitatif et qualitatif des peuplements en régénération ou immatures.

Ces coupes intermédiaires[2], comme on les appelle, visent l'une ou l'autre des fins suivantes:

- régulariser l'espacement des arbres;
- augmenter la production ligneuse et raccourcir la révolution;
- dégager des essences de valeur en diminuant la concurrence des espèces indésirables;
- modifier la composition des peuplements;
- améliorer la qualité des arbres et des peuplements;
- augmenter la résistance des peuplements contre les agents nuisibles;
- conserver les autres ressources de la forêt au bénéfice de la société.

Suivant le stade de développement du peuplement, on peut appliquer les mesures suivantes:

---

[1] Stand tending; cultural operations.

[2] Intermediate cuttings. Ces traitements culturaux sont le pendant des coupes de régénération qui s'appliquent aux peuplements à maturité.

- la coupe de dégagement et la fertilisation au stade de régénération et de fourré, aussi bien avec les peuplements naturels qu'avec les plantations;

- l'éclaircie précommerciale au commencement du stade de gaulis.

Il convient de remarquer que les mesures précitées sont essentiellement des traitements précommerciaux, en ce sens qu'elles ne produisent aucun revenu immédiat étant données les technologies de récolte et d'utilisation actuelles.

Vers la fin du stade de gaulis et au stade de perchis, on peut appliquer les mesures suivantes: élagage artificiel, éclaircie par le haut, éclaircie systématique, éclaircie jardinatoire et coupe d'amélioration. L'éclaircie par le haut s'applique également au stade de la jeune futaie. Ces divers traitements, à l'exception de l'élagage, impliquent généralement un revenu immédiat sous forme de récupération de bois.

Les divers stades de développement, tels qu'indiqués plus haut, constituent des périodes plus ou moins précises dans la vie des peuplements. Les caractéristiques sylvicoles et dendrométriques permettent jusqu'à un certain point de mieux définir ces stades. C'est néanmoins le devoir de l'aménagiste de les reconnaître en pratique sur le terrain afin de pouvoir fixer les traitements appropriés.

Trop souvent on a tendance à dissocier ces divers traitements les uns des autres. En réalité, pour produire les résultats anticipés, ces traitements doivent être intégrés dans un tout. C'est seulement à cette condition qu'on peut arriver à minimiser les coûts et à maximiser les revenus.

TRAITEMENTS PRECOMMERCIAUX

Les traitements précommerciaux sont des mesures appliquées au cours des premiers stades de développement des peuplements et qui n'impliquent aucun revenu immédiat. Ils constituent donc un investissement dans la croissance future des peuplements. Dans certaines conditions, ces investissements peuvent justifier une récolte supérieure dans les peuplements marchands d'un territoire.

La coupe de dégagement est appliquée à un jeune peuplement ne dépassant pas le stade du gaulis afin de libérer les sujets prometteurs de l'oppression exercée par des espèces indésirables ou des individus plus âgés ou mal formés. Cette intervention constitue normalement la première tentative, après l'installation du peuplement, de modifier sa composition. La croissance des arbres résiduels est souvent augmentée et les risques de dommages causés par divers agents, notamment ceux d'ordre climatiques, sont réduits par suite d'un meilleur développement des cimes et des systèmes racinaires. La coupe de dégagement a aussi pour effets d'avancer l'époque de la première éclaircie (commerciale) et de raccourcir la révolution. Un tel traitement peut être appliqué dans les peuplements comportant au moins 700 tiges à l'acre d'essences commerciales distribuées suivant un coefficient de 70%.

Au début du stade de gaulis, c'est-à-dire lorsque le jeune peuplement forme un massif présentant un début d'élagage naturel, le traitement applicable est l'éclaircie précommerciale. L'objectif consiste à dégager les meilleurs sujets en éliminant le surplus d'arbres qui empêche leur développement optimum. Contrairement à la coupe de dégagement qui implique en général

une modification de la composition en essences du peuplement, l'éclaircie précommerciale a pour objet de diminuer la trop forte densité du peuplement afin de provoquer une croissance accélérée chez les arbres résiduels.

Ce stade est relativement court et dure environ 10 ans. Cette période est critique et on doit intervenir à temps car on perdra un grand nombre des avantages anticipés tels que l'augmentation de la croissance des essences économiquement désirables, l'amélioration de la qualité des tiges et de l'état de santé et l'augmentation de la résistance aux agents nuisibles (vent, neige, verglas, etc.). Un traitement appliqué trop tardivement exige habituellement plus d'efforts et les coûts ne sont pas proportionnels aux résultats obtenus. Cependant, lorsque pour une raison valable on doit appliquer un traitement retardé, on économisera en visant à accélérer la mortalité naturelle plutôt qu'en voulant à tout prix éliminer toutes les tiges de surplus.

Depuis quelques années, la pratique des éclaircies précommerciales traditionnelles est désavantagée par leur coût d'application élevé. On a donc tenté de développer des méthodes autres que la coupe à la hache ou à la scie mécanique. Il est déjà surprenant qu'au Québec les outils tels que les scies mécaniques circulaires ne soient pas employées pour ce travail. Dans cette optique, l'emploi des sylvicides pour empoisonner sur pied les arbres de surplus pourrait constituer à l'avenir un moyen efficace et peu coûteux. Eventuellement, il faudra en arriver à mécaniser totalement ou partiellement les opérations afin de diminuer le coût de la main-d'oeuvre et d'augmenter la productivité. Des recherches sont cependant nécessaires pour déterminer l'effet de la mécanisation sur le peuplement résiduel. Enfin, ce type d'éclaircie deviendra plus rentable le jour où l'utilisation des petits bois comme source de fibres deviendra courante.

La fertilisation applicable aux peuplements naturels ou artificiels en régénération est traitée dans un autre document.

TRAITEMENTS COMMERCIAUX

Les traitements commerciaux sont appliqués à des stades de développement ultérieurs aux précédents et comprennent: la coupe d'amélioration, l'éclaircie par le haut, l'éclaircie jardinatoire, l'éclaircie systématique ainsi que l'élagage. L'élagage n'est pas en soi un traitement commercial, mais il est généralement appliqué en liaison avec l'un ou l'autre type d'éclaircie. La coupe d'amélioration peut, suivant l'état du peuplement, ne pas produire de revenu immédiat sous forme de récupération de bois.

Ces traitements sont appelés "commerciaux" parce qu'ils peuvent faire leurs frais grâce à une récupération de matière ligneuse. Néanmoins, si l'accent est mis trop fortement sur cette récupération, il peut en résulter divers inconvénients comme un allongement de la révolution, une diminution de la croissance et une détérioration du peuplement résiduel allant parfois jusqu'à l'écremage.

La coupe d'amélioration est pratiquée à un stade ultérieur à celui de gaulis dans le but d'améliorer la composition en essences et l'état de santé d'un peuplement. Elle vise à aider les sujets prometteurs en supprimant la concurrence des essences indésirables et des sujets difformes ou malades. Elle est en somme une coupe de dégagement retardée, où les méthodes diffèrent à cause de la présence de plus gros bois et d'une récupération possible. Elle est appliquée en premier lieu aux peuplements mélangés et détériorés, souvent envahis

par des espèces indésirables à la suite de coupes abusives. Ces peuplements possèdent en général une allure inéquienne, et l'étage supérieur est composé d'arbres surannés, défectueux, et de faible valeur. L'intervention ouvre la voie aux éclaircies de type commercial et éventuellement aux coupes de régénération.

Compte tenu de l'état des forêts et du niveau des pratiques sylvicoles, on peut distinguer l'éclaircie "normale" et l'éclaircie "retardée". La première fait normalement suite aux traitements précommerciaux et la seconde est appliquée aux peuplements qui n'ont pas été traités antérieurement. Cette distinction est importante du fait que l'éclaircie retardée ne donne pas d'aussi bons résultats que l'éclaircie normale.

Toute éclaircie, en effet, permet de récolter une partie ou l'ensemble de la mortalité naturelle, de même que la croissance nette. Celle-ci et la mortalité naturelle constituent la croissance brute qui, exprimée en volume, égale le potentiel de récupération. Les tables de production indiquent que la mortalité naturelle des peuplements, au cours d'une révolution, égale ou même dépasse l'accroissement net en volume. Il est donc possible, du moins en principe, de doubler la production au moyen d'une série d'éclaircies normales. En pratique cependant, les essais montrent que l'augmentation de production obtenue varie autour de 50%, suivant le nombre, l'intensité et le mode des interventions. Pour l'éclaircie retardée, l'augmentation de la production ligneuse ne dépasse pas 20% en moyenne.

Divers modes ou méthodes d'éclaircie peuvent être appliqués suivant la nature des peuplements. Les principales méthodes employées sont l'éclaircie par le haut, l'éclaircie jardinatoire et l'éclaircie systématique.

L'éclaircie par le haut est la plus pratiquée et celle qui convient le mieux au sapin et à l'épinette. Elle consiste à entrouvrir l'étage supérieur du peuplement en favorisant les sujets dominants prometteurs au détriment des codominants. On ne prélève dans l'étage inférieur que les arbres "marchands" destinés à se perdre avant la prochaine intervention. Economiquement, cette éclaircie permet une récupération maximum de bois sans nuire au développement du peuplement résiduel.

L'éclaircie jardinatoire consiste à prélever les sujets dominants, ou un certain nombre d'entre eux, afin de favoriser les sujets des classes inférieures. On l'applique lorsque les sujets dominants sont indésirables, soit parce qu'ils sont difformes ou malades, soit parce qu'ils appartiennent à une essence moins intéressante. Ce type d'éclaircie n'est en général appliqué qu'une seule fois dans la vie d'un peuplement, dans le but de corriger une situation défavorable.

Quant à l'éclaircie systématique, elle consiste à prélever les arbres suivant un arrangement prédéterminé, sans tenir compte des classes d'arbre. Ainsi, en plantation, on peut enlever une rangée d'arbres sur 2, 3, 4..., alors que les jeunes peuplements naturels peuvent être traités en bandes ou en damiers.

Le principal avantage des éclaircies réside dans l'augmentation de la croissance en diamètre, et indirectement en volume, qu'elles provoquent chez les arbres résiduels. La croissance en diamètre peut doubler sur une période de 5 ou 10 ans après l'intervention, surtout si celle-ci est forte et le peuplement jeune. L'éclaircie offre donc la possibilité de récolter plus de bois et de plus gros arbres durant un laps de temps réduit.

Par contre, certains effets de l'éclaircie sont plus douteux. Elle pourrait augmenter les risques d'infection pathologique et stimuler certaines infestations d'insectes en raison de la présence de plus gros arbres dans les peuplements traités et à l'élévation de la température au niveau des cimes. Enfin, la densité du bois, qui dépend de la largeur des anneaux annuels du moins chez les conifères, pourrait être diminuée à la suite d'éclaircies: cette diminution serait toutefois légère, d'après Braathe (1957), puisqu'une augmentation de 100% de la largeur des anneaux ne contribuerait que pour 10% à la diminution de la densité du bois.

La périodicité des éclaircies varie en moyenne de 8 à 13 ans, du moins avec le sapin et l'épinette. La première éclaircie commerciale débute normalement vers 30 ans en plantation et vers 35 ans dans les peuplements naturels. Toutefois, ces valeurs sont théoriques et c'est une visite du peuplement qui permettra de préciser le moment opportun de l'intervention.

Quant à l'élagage, c'est au stade du perchis qu'on commence à le pratiquer. Ce traitement vise à améliorer la qualité des fûts des sujets d'avenir en prévenant la formation de grosses branches et de noeuds qui diminuent la valeur des billes comme bois d'oeuvre. L'opération consiste à sectionner les branches mortes (qui produisent des noeuds "pourris" facilement détachables lorsque le bois a été ouvré), puis une certaine proportion de branches vivantes jusqu'à une hauteur de 17 pieds, qui est la hauteur normale d'élagage. Cette technique est appliquée aux essences dont l'élagage naturel est lent et insuffisant, à condition qu'il en résulte une plus-value.

CHAPITRE 9 - LA FERTILISATION FORESTIERE

HISTORIQUE

Les premiers essais de fertilisation ont été réalisés dans les plantations pour corriger certains symptômes de déficiences minérales et augmenter la croissance et la production ligneuse. Face à certains résultats spectaculaires, on a entrepris plus récemment de fertiliser des forêts naturelles pour augmenter directement la production ligneuse et diminuer les révolutions.

La fertilisation forestière est encore de nos jours à un stade expérimental. C'est notamment le cas au Québec en ce qui a trait aux forêts mûres. Cela dépend en partie du fait que la nécessité d'aménager intensivement la forêt n'a été reconnue que tout récemment, et en partie des difficultés associées au développement de méthodes de fertilisation qui soient à la fois techniquement satisfaisantes, économiquement attrayantes ainsi que sûres vis-à-vis de l'environnement.

NECESSITE

La nécessité de la fertilisation en forêt naturelle est particulièrement évidente sous les climats froids en sol acide, où la décomposition lente de la litière résulte en une accumulation d'humus brut déficient en azote minéral surtout. Bien que ces déficiences soient partiellement compensées par l'azote organique utilisé par les racines mycorrhizées des arbres,

il en résulte néanmoins des pertes dues au lessivage de divers éléments par les sols perméables et à l'exploitation des arbres.

L'intérêt dans la fertilisation des peuplements au stade de prématurité peut s'expliquer des façons suivantes:

1. Bien qu'au niveau du Québec la coupe actuelle n'atteigne pas encore la possibilité de coupe, il existe néanmoins de grandes variations parmi les régions administratives et les essences.

2. A mesure que les coûts de transport du bois font augmenter le coût de production du bois, il peut devenir plus avantageux d'augmenter la production des peuplements situés près des usines que d'exploiter le bois des régions éloignées.

3. La fertilisation au stade prématurité implique une période d'attente suffisamment courte pour que les frais d'investissement et d'intérêt puissent être amortis grâce à la production accrue.

4. Certaines caractéristiques comme de plus gros diamètres et une structure plus régulière résultant de la fertilisation peuvent indirectement abaisser les coûts d'exploitation.

5. La fertilisation semble un moyen efficace et relativement peu coûteux de conserver la productivité des écosystèmes forestiers à la lumière des nouvelles techniques d'aménagement, comme de plus courtes révolutions, une meilleure utilisation, l'exploitation par arbre complet et des graines améliorées, dont on pense qu'elles vont exiger plus du milieu forestier.

6. Enfin, la fertilisation est une des rares techniques sylvicoles susceptible d'augmenter la productivité d'un site forestier.

ELEMENTS NUTRITIFS ET CROISSANCE

Des relations significatives ont été établies en forêt naturelle entre la quantité d'éléments assimilables, en particulier l'azote, dans le sol et dans le feuillage des arbres, d'une part, et la croissance, d'autre part. Une fertilisation azotée corrige non seulement une déficience nutritive sérieuse, mais aussi assure une meilleure croissance en permettant une meilleure utilisation des facteurs favorables de la station, notamment l'eau du sol. Il a été établi, du moins pour la forêt de conifères, qu'une application de 200 à 300 livres à l'acre d'azote sous forme d'urée présente la plus forte stimulation de croissance.

STATIONS MARGINALES

La fertilisation azotée ne doit cependant pas être considérée comme une panacée pour régler tous les problèmes de fertilité. On doit réaliser qu'il existe certaines stations où l'application d'urée présente des problèmes. Ceux-ci sont reliés aux pertes par lessivage dans les terrains sableux à humus mince et à celles par volatilisation de l'ammoniaque dans les terrains dénudés qui s'assèchent rapidement après le traitement (Bernier, Carrier et Smirnoff, 1969).

LIMITATIONS

Bien qu'elle constitue une technique sylvicole prometteuse, la fertilisation forestière est sujette à certaines limites. Ces limites ne dépendent pas des pertes d'azote pouvant survenir dans certains milieux et qui produisent une réaction de croissance négligeable, mais proviennent du fait que la fertilité du sol est fonction de divers agents qui peuvent tour à tour limiter la croissance. Ainsi, un manque ou un excès d'humidité du sol ne peut être corrigé par une application d'engrais. De plus, dans les forêts sous-stockées, la fertilisation ne peut ajouter beaucoup à un volume déjà faible.

CONDITIONS IDEALES

Par ailleurs, l'addition d'un seul élément, en général l'azote, à des peuplements denses modérément productifs, en station fraîche à humide, augmente parfois la croissance d'une façon appréciable. Un traitement initial à 30 ans, répété par la suite à tous les 7 ou 8 ans, peut permettre d'anticiper une bonne réaction en croissance et de récolter un supplément de matière ligneuse.

EFFETS

La nature de la réaction obtenue aux essais de fertilisation dans les peuplements de conifères de la forêt boréale canadienne a été analysée récemment par Armson et al (1973). Ces auteurs ont démontré qu'il existe

généralement une réaction à la fertilisation azotée, mais que cette réaction est normalement de courte durée. Cette réaction se produit à l'endroit des sols dotés d'un humus brut, où la concurrence biologique pour l'azote est élevée. Il existe aussi en général une réaction au phosphore sur les sols organiques.

D'après Keipi (1972), qui a passé en revue la réaction d'un grand nombre d'essais en Scandinavie, une augmentation moyenne de croissance de 14 à 28 pi.^{3}/acre par année est enregistrée à la suite d'une application de 200 livres d'azote à l'acre. D'après cet auteur, les bénéfices d'ordre économique dépendent non seulement de la grandeur de la réaction, mais aussi de l'augmentation moyenne du diamètre de l'arbre individuel et de la réduction de l'âge d'exploitabilité. Jusqu'à ce jour, ces deux derniers facteurs n'ont reçu que peu d'attention dans les essais canadiens.

Divers résultats d'essais de fertilisation effectués dans l'Est canadien montrent une réaction similaire. Weetman et al (1974) indiquent un volume total additionnel de 68 pi.^{3}/acre à la suite d'une application de 100 livres d'azote à l'acre, et de 243 pi.^{3}/acre en 10 ans à la suite d'une application de 400 livres à l'acre. Une partie de ce bois additionnel n'est pas marchand; aussi recommandent-ils de combiner la fertilisation avec d'autres traitements culturaux, par exemple, l'éclaircie. Gagnon (1974) a analysé les résultats préliminaires de trois (3) essais de fertilisation suivis par le Centre de Recherches Forestières des Laurentides d'Environnement Canada. Les gains de volume obtenus varient de 1 à près de 5 cordes à l'acre sur une période de 6 à 8 ans, suivant la quantité et la nature de l'engrais, l'essence et la qualité de station.

Les principaux résultats obtenus du programme de fertilisation forestière en peuplements de pin gris entrepris en 1968 dans le nord de l'Ontario ont été résumés par Haig (1974). L'application d'azote sous forme d'urée au taux de 400 livres à l'acre a produit une corde additionnelle de bois à l'acre en 4 ans. L'application combinée de 300 livres à l'acre d'urée et de 300 livres à l'acre de superphosphate a produit 2 cordes à l'acre de bois additionnel en 4 ans. La proportion de l'azote captée par les arbres n'a été que de 23% au bout de 3 ans: il appert que si cette proportion pouvait être augmentée par l'utilisation de techniques à développer, la fertilisation serait une opération plus efficace et plus économique.

Lorsqu'on évalue les effets de la fertilisation, on ne doit pas considérer que les bénéfices d'une croissance plus rapide. En effet, la fertilisation comporte divers aspects biologiques et affecte, par exemple, les pertes causées par les maladies et les insectes, la floraison et la fructification, les propriétés physiques du bois et , à plus long terme, le régime nutritif du sol. Tous ces aspects permettront éventuellement de préciser les avantages et les inconvénients de la fertilisation sur l'écosystème forestier.

COUTS

Le coût de la fertilisation dépend essentiellement des deux (2) facteurs suivants: (a) le coût de l'engrais et (b) le coût de l'application. Dans la plupart des cas, on applique de l'azote sous forme d'urée à un taux variant de 100 à 200 livres d'azote à l'acre, soit environ 200 à 400 livres d'urée à l'acre. Le coût d'application est d'environ $0.03 par livre d'urée.

PRODUCTION LIGNEUSE ACCRUE

Le volume de bois additionnel obtenu par la fertilisation est fonction de:

a) l'accroissement annuel courant en volume du peuplement avant la fertilisation;

b) l'ordre de grandeur de la réaction obtenue.

L'expérience acquise en fertilisation forestière, aussi bien en Suède qu'au Canada, indique qu'il est plus avantageux de traiter les peuplements qui possèdent déjà un accroissement annuel courant moyen. Ceci provient du fait que les peuplements vigoureux semblent réagir, en valeur relative, presque aussi bien que ceux qui croissent lentement. Il est préférable, par exemple, d'obtenir un gain de 40% de 60 pi.^{3}/acre par année, c'est-à-dire 24 pi.^{3}, qu'un gain de 50% de 30 pi.^{3}/acre par année, soit 15 pi.^{3}. Et des peuplements possédant un accroissement annuel courant de 60 pi.^{3}/acre ou plus, il en existe plusieurs, même en forêt boréale.

L'ordre de grandeur de la réaction obtenue dépend à son tour de la durée de la réaction et de la réaction procentuelle. Diverses expériences récentes dans l'Est canadien et en Suède semblent indiquer que la réaction à une application d'azote dure 7 à 10 ans et se manifeste par une augmentation de l'accroissement annuel courant variant de 30 à 50% durant cette période. Il apparaît aussi que la durée de la réaction est directement reliée à la quantité d'engrais appliquée.

CHOIX DES EMPLACEMENTS

Il est très important d'insister sur le fait que la valeur du bois produit par la fertilisation est d'autant plus attrayante que le peuplement traité est situé près d'une usine de transformation. L'importance de bien choisir les peuplements à fertiliser ne saurait être sous-estimée. La durée de la réaction exerce aussi une influence sur le coût de production: la fertilisation azotée ne semble pas donner une réaction qui dépasse 10 ans, tandis que l'application de phosphore ou de potassium peut présenter une réaction de 15 à 20 ans.

L'AVENIR

A l'heure actuelle, il semble que l'on ne doive pas entreprendre de vastes programmes opérationnels de fertilisation dans la forêt boréale du Québec. En effet, tant qu'on ne coupera pas la possibilité, le seul gain découlant de la fertilisation réside dans une réduction des coûts d'exploitation et de transport du bois, et Tucker (1974) a montré que cette réduction ne serait pas suffisante pour amortir le coût du traitement. Par contre, dans les régions administratives où l'offre de bois est déjà limitée, la quantité additionnelle de fibres produites par la fertilisation possède une valeur marchande, qui est la valeur ajoutée par la transformation. Il importe donc de pouvoir identifier, dans l'avenir, les situations concrètes où la fertilisation peut constituer un bon investissement.

CHAPITRE 10 - LES COUPES DE REGENERATION

L'obtention d'une régénération suffisante en quantité et en qualité est une phase délicate, mais combien essentielle, de l'aménagement, car sans elle les opérations forestières devront cesser tôt ou tard. Nous allons d'abord indiquer pourquoi on doit aménager la forêt et comment on peut s'y prendre. Nous allons ensuite décrire les principales méthodes de coupe, voir quels sont leurs avantages et leurs inconvénients et esquisser l'aménagement forestier de l'avenir.

POURQUOI ON AMENAGE LA FORET?

La plus grande partie des forêts du Québec, qui s'étendent sur 300,000 milles carrés, ont été maintenues dans un stade de transition par suite de la fréquence des accidents naturels comme le feu, les épidémies d'insectes et les chablis. Depuis la fin du siècle dernier, les forêts les plus accessibles ont été exploitées sur une grande échelle à des fins industrielles, spécialement pour la fabrication des pâtes et du papier. Là où l'exploitation a eu lieu, les étendues sont maintenant recouvertes de jeunes forêts.

La méthode de coupe n'a toutefois pas toujours été adaptée aux essences et à l'environnement et a donné des résultats variables. Certaines forêts exploitées se sont reproduites d'une façon satisfaisante, telles les sapinières, tandis que d'autres sont mal ou peu régénérées, telles les pinèdes à pin gris. Les peuplements, quel que soit leur état de boisement, continuent

de croître, mais arrive un moment où une génération d'arbres atteint le maximum de valeur et doit être remplacée par une autre. Quelquefois, les processus naturels de la mort et de la régénération suffisent à assurer le renouvellement, mais ceux-ci donnent rarement la densité de couvert et la composition en essences les plus désirables. La coupe est une méthode, parmi plusieurs autres, destinée à éliminer le vieux peuplement et à le remplacer par un nouveau.

DEUX FACONS D'AMENAGER LA FORET

Fondamentalement, il existe deux (2) façons d'aménager la forêt.

On peut d'abord faire pousser les arbres en peuplements où tous les arbres appartiennent à une même essence et ont à peu près le même âge. Une telle façon d'aménager la forêt porte le nom d'aménagement équienne. Suivant cette méthode, des étendues de plusieurs acres, même de plusieurs milles carrés, sont exploitées et sont par la suite reboisées ou la plupart du temps se régénèrent tout simplement de façon naturelle.

Le traitement de ces peuplements est relativement simple, puisque les arbres du peuplement sont prêts à être traités, c'est-à-dire éclaircis, fertilisés, etc... au même moment et dans les mêmes conditions.

Dans un peuplement équienne, certains arbres poussent plus rapidement que d'autres. La présence de petits arbres pourrait porter à penser qu'il existe un groupe d'arbres d'une autre classe d'âge ou même que ces petits arbres représentent une nouvelle régénération. Cependant il n'en est rien, puisqu'on peut aisément vérifier que ces petits arbres ont sensiblement

le même âge que les plus gros. Ces opprimés sont récoltés au moment de leur maturité en même temps que les dominants plus gros. Passée la période de maturité, les arbres deviennent de plus en plus sujets à la carie et à d'autres maladies.

On peut aussi faire pousser les arbres dans une forêt où une variété d'âges différents et d'essences différentes sont représentés: ce type de forêt porte le nom de peuplement inéquienne. Une telle forêt est très diversifiée visuellement et biologiquement. A intervalles périodiques, on doit y récolter les arbres parvenus à maturité, et on peut aussi profiter de ces occasions pour éclaircir un sous-étage trop dense, par exemple.

L'une et l'autre façon d'aménager la forêt imitent ce que fait la nature. L'aménagement équienne simule la situation rencontrée dans les étendues forestières qui ont été l'objet de perturbations naturelles telles que le feu, les chablis, les maladies et les épidémies d'insectes. Il le fait cependant d'une façon ordonnée. L'aménagement inéquienne imite une situation moins fréquente: celle d'une forêt qui croît à l'abri des forces de la nature.

De ces deux façons fondamentales d'aménager la forêt découlent 16 techniques de régénération, ou méthodes de coupe des peuplements âgés. Nous allons d'abord décrire chacune de ces méthodes, y compris leurs variantes, pour en indiquer ensuite les avantages et les inconvénients.

LES METHODES DE COUPE

En aménagement équienne, il existe trois (3) méthodes de coupe: la coupe à blanc, la réserve de semenciers et les coupes progressives. En

aménagement inéquienne, on peut distinguer le jardinage cultural et la "coupe à diamètre-limite". Chacune de ces méthodes peut comporter des variantes comme la coupe uniforme, la coupe par groupes et la coupe par bandes.

La coupe à blanc consiste à exploiter un peuplement mûr (ou suranné) sur une courte période de temps, ne dépassant pas le cinquième de la révolution, soit environ 15 ans au maximum, de manière à obtenir après la coupe une régénération uniforme. Normalement, toutes les tiges marchandes, en général 4 pouces et plus au dhp, des essences dites "commerciales" sont coupées, mais par extension on applique aussi ce terme aux opérations où seuls les résineux sont récoltés.

La coupe peut se faire en une seule opération, comme dans la coupe à blanc uniforme, où une grande étendue, parfois de plusieurs milles carrés, est exploitée en un seul tenant. On peut aussi procéder par blocs non contigus de quelques acres (50 à 100 acres par exemple). La coupe à blanc peut aussi être pratiquée par groupes ou par bandes variant de moins d'une acre à 10 acres. Enfin, dans le cas d'un système d'exploitation impliquant la mise en copeaux sur place, on peut parler de coupe rase de toutes les essences, quel que soit le diamètre des arbres.

La coupe par réserve de semenciers se rapproche de la coupe à blanc, à l'exception d'arbres semenciers qui sont conservés sur pied quelques dizaines d'années et qui ont pour fonction d'assurer l'ensemencement naturel du parterre de coupe en plus de croître eux-mêmes en valeur. Cette méthode conviendrait à des peuplements composés de 2 essences à révolution inégale, par

exemple, l'épinette et le sapin. Comme dans le cas précédent, les arbres semenciers peuvent aussi être laissés par pieds isolés, par groupes ou par bandes. Cependant, il faut s'assurer que les arbres semenciers ont un bon système radiculaire pour résister au vent.

Le système des coupes progressives prévoit que l'installation de la régénération est planifiée et va se faire graduellement, sous le couvert du peuplement âgé. Pour ce faire, une succession de 2 ou parfois 3 coupes est entreprise, ayant pour objectifs, dans l'ordre, de préparer de bons semenciers, de favoriser la germination des graines et de créer l'espace requis pour l'installation et la croissance de la régénération. Ces coupes peuvent aussi être pratiquées de façon uniforme, par groupes ou par bandes.

Dans le cas d'un aménagement inéquienne, le jardinage consiste essentiellement à exploiter, par pieds d'arbres, groupes ou bandes, les individus parvenus à maturité dans un peuplement où diverses classes d'âge sont représentées. Ce mode de traitement implique des interventions fréquentes et plutôt faibles.

La "coupe à diamètre-limite" consiste à récolter les arbres dont le diamètre est égal ou supérieur à un diamètre minimum d'utilisation, pourvu qu'on puisse en obtenir au moins une bille. La valeur de cette méthode dépend essentiellement du choix des diamètres minima en fonction des essences et de la distribution des tiges.

TECHNIQUES CULTURALES

L'essentiel en foresterie consiste à obtenir rapidement une

régénération d'essences de valeur à la suite de l'application d'une méthode de coupe. Une fois la régénération obtenue, cependant, on peut se contenter d'attendre la prochaine récolte sans intervenir, ou vouloir améliorer cette régénération en intervenant périodiquement pour augmenter sa croissance, modifier sa composition ou améliorer sa qualité. On y parvient par l'application des techniques culturales qui prennent le nom de coupe de dégagement, coupe d'amélioration, éclaircie, coupe de récupération, fertilisation, drainage, etc...

LE CHOIX D'UNE METHODE DE COUPE

Le choix d'une méthode de coupe, ou plus généralement d'une stratégie sylvicole dans une forêt sous aménagement est fonction de considérations d'ordre écologique et économique. Le choix dépend principalement de la composition en essences des divers peuplements, de la nature des sols, de la physiographie, du microclimat, du coût des opérations d'exploitation et des objectifs de l'aménagement.

En général, on peut affirmer que toutes les méthodes de coupe vont de pair avec l'application des concepts du rendement soutenu et de l'aménagement polyvalent. Il n'existe pas de méthode qui serait idéale dans toutes les situations, ni de méthode qui serait à déconseiller dans n'importe quelle situation. Chaque méthode de coupe comporte des avantages et des inconvénients lorsqu'elle est appliquée dans une situation donnée. Il importe de considérer

le plus grand nombre de critères possible et d'appliquer la méthode qui présente le plus d'avantages et le moins d'inconvénients. Naturellement, même si une méthode offre de grands avantages, elle doit être rejetée du moment qu'elle ne rencontre pas un des critères jugés essentiels.

Il existe en réalité une multitude de critères pouvant entrer en ligne de compte lorsqu'il s'agit de déterminer l'applicabilité de l'une ou l'autre des 16 méthodes de coupe préalablement décrites. La liste suivante est sans doute incomplète, mais elle permet d'attirer l'attention sur un certain nombre de critères qui devraient être pris en considération dans l'aménagement forestier de l'avenir:

- facilité d'obtenir une régénération naturelle satisfaisante;
- possibilité d'un marché pour le petit bois;
- possibilité d'un marché pour le gros bois;
- conditions de terrain;
- coûts d'exploitation;
- blessures aux arbres résiduels;
- facilité de pratiquer le scarifiage;
- facilité de pratiquer les éclaircies;
- faune;
- rejets de souche et drageons (feuillus);
- esthétique;
- eau;
- main-d'oeuvre;
- dangers de feu, de chablis, d'épidémies;
- etc...

AVANTAGES ET INCONVENIENTS

A titre d'exemples, on peut signaler que la coupe à blanc uniforme présente en général les coûts d'exploitation les plus bas et facilite la pratique du scarifiage; par contre, elle peut provoquer l'établissement de rejets et de drageons, elle présente au moins durant quelques années de grands dangers de feu et un aspect esthétiquement indésirable et elle peut affecter de façon défavorable la production d'eau et de faune. La coupe à blanc par trouées (de une à 10 acres) présente de sérieux inconvénients quant à l'usage de machinerie pour l'exploitation, tandis que la coupe à blanc par bandes est plus favorable à la faune que la coupe uniforme.

On n'a pas encore trouvé d'applications pratiques au Québec pour la méthode de coupe avec réserve de semenciers. La principale raison tient sans doute au fait que les essences indigènes s'adaptent très mal aux conditions de milieu imposées par le maintien en pied isolé ou en petits groupes: les feuillus se détériorent rapidement (formation de branches "gourmandes", etc...) et les conifères résistent assez mal au vent.

La méthode des coupes progressives présente de grands avantages pour régénérer les essences d'ombre comme le sapin et l'érable à sucre, elle permet la pratique subséquente des éclaircies et favorise le support d'une certaine faune. Par contre, elle rend difficile la mécanisation des opérations de coupe, elle ne convient pas aux essences de lumière et empêche tout travail de scarifiage du sol.

Le jardinage par pied d'arbre présente des inconvénients quant à l'emploi de machinerie et de main-d'oeuvre non qualifiée. En outre, il est

à la source de blessures d'exploitation aux arbres résiduels. Cette méthode favorise les essences d'ombre, minimise les dangers de feu et de chablis et est esthétiquement meilleure. Le jardinage par bandes est généralement plus acceptable car, tout en étant une méthode intensive, il peut favoriser les essences de lumière, est adapté à la machinerie d'exploitation et permet le scarifiage du sol.

La "coupe à diamètre-limite", si largement répandue dans les peuplements feuillus du Québec méridional, présente des avantages certains, notamment de faibles coûts d'exploitation à court terme. Cependant, elle offre un si grand nombre d'inconvénients qu'elle devrait éventuellement être limitée aux terrains difficiles.

Cette discussion des avantages et des inconvénients des diverses méthodes de coupe pourrait facilement être beaucoup plus élaborée. Toutefois, le but consistait plutôt à montrer que le processus de décision en aménagement forestier dépendra à l'avenir de l'ensemble des critères que l'ingénieur aura pris en considération dans un contexte polyvalent. On ne pourra plus choisir une méthode simplement parce que son coût d'exploitation est le plus bas: il faudra analyser la situation économique, sociale et écologique dans son ensemble.

CHAPITRE 11 - POPULICULTURE ET LIGNICULTURE

Depuis quelques années, la culture intensive des peupliers fait l'objet de recherches et de développement au Québec. Les principaux avantages des peupliers résident dans leur croissance accélérée, leur courte révolution et la diversité de leurs utilisations. En effet, les peupliers peuvent être cultivés avec des révolutions de 4 ou 5 ans en vue de produire des bois de trituration, de 10 à 15 ans pour la production de pâte et de sciage et de 20 à 30 ans pour le sciage et le déroulage.

Ces hautes productions nécessitent cependant des traitements sylvicoles intensifs et particuliers comme la préparation du terrain, la production et la plantation de boutures, la fertilisation et le hersage. Ces notes ont pour but de décrire chacune de ces opérations, en indiquant lorsque c'est possible les coûts et les revenus. Par la suite, on décrit quelques stratégies sylvicoles recommandables et on montre la production ligneuse obtenue à la suite d'essais.

LA PREPARATION DU TERRAIN

La culture intensive des peupliers hybrides exige des terrains riches et exempts de souches ou de débris de coupe. Cela nécessite un défrichement après la coupe ou l'emploi de terrains agricoles abandonnés à vocation forestière. La préparation du terrain est très importante car elle permet de mécaniser les opérations subséquentes.

Bedos, en 1972, a calculé les coûts inhérents à un défrichement adéquat après la coupe. Le défrichement a été effectué à l'aide de tracteurs sur chenilles qui amassent en andains les débris de coupe et les roches. Les productions enregistrées en 1971 ont varié entre 0.165 et 0.254 acre par heure. D'après Ménétrier (1974), le coût moyen à l'acre en 1974 était de $154.00. Il convient de noter que les terrains abandonnés ne nécessitent qu'un labour qui coûte environ $20 l'acre.

Ce défrichement peut être suivi d'un hersage fait au moyen d'une herse à dents ou à disques d'un poids d'environ 12,000 livres. L'emploi d'une telle machine permet d'ameublir le sol sur une profondeur d'environ 6 pouces. En 1971, une étude de temps a montré que le hersage permettait d'atteindre une productivité de 3.88 acres à l'heure, tandis que la productivité en temps disponible ou payé était de 1.27 acre à l'heure.

LA PRODUCTION DE BOUTURES

Le matériel biologique utilisé pour la plantation des peupliers est la bouture d'une longueur de 15 pouces. Les clones qui semblent les mieux adaptés à nos conditions sont de type balsamifera et Jackii. La bouture est produite en pépinière à partir de pieds-mères et le coût de production est moins élevé que celui des semis conventionnels. Une étude de Haelters (1973) montre que le coût de production varie entre $12 et $21 pour 1,000 boutures. Cette variation est due à différents niveaux de production par unité de surface, soit 80,000 ou 110,000 boutures par acre, et provient également du façonnage qui peut être fait au sécateur manuel ou à l'aide d'une scie circulaire.

Les coûts en pépinière susmentionnés tiennent compte de la préparation du terrain, de la plantation des pieds-mères, de la fertilisation annuelle, de l'entretien du sol, du recépage manuel et du façonnage des boutures. La productivité du recépage manuel est de 300 souches par jour-homme. Le façonnage en boutures présente des productivités de 1,500 boutures par jour-homme manuellement et le double lorsqu'il est exécuté avec une scie circulaire.

LA PLANTATION DES BOUTURES

La plantation se fait manuellement ou encore mécaniquement à l'aide d'une machine de type "tractor mounted" dont le disque a été remplacé par une dent qui fend le sol. Pour un espacement de 8 pieds sur 12 pieds, la productivité est d'environ 337 boutures par heure à l'intérieur d'un intervalle de 265 à 400 boutures l'heure. Dans le cas de plantations denses, soit un espacement de 2 sur 5 à 12 pieds, la productivité a varié entre 900 à 1,000 boutures par heure. Dans une plantation de faible densité, le coût moyen à l'acre de l'opération, incluant le tracteur (62 cv) et une équipe de 3 hommes, a été de $20 l'acre en 1974 (Ménétrier, 1974).

LA FERTILISATION

La plantation des boutures peut également être combinée avec une opération de fertilisation. D'après les résultats obtenus jusqu'à maintenant, on favorise un épandage sur les lignes de plantation. Les fertilisants suggérés sont 50 à 75 livres à l'acre de phosphate et 15 à 25 livres à l'acre de potassium. Un an après la plantation, on appliquera 75 à 100 livres à l'acre

d'azote sur les lignes de plantation. La croissance en hauteur additionnelle résultant de la fertilisation, pour 2 à 3 ans d'observations en serre et sur le le terrain, se situe entre 100 et 200%. Les traitements appliqués en serre ont permis de quadrupler la hauteur moyenne tandis que sur le terrain, cette dernière a doublé relativement à la hauteur moyenne des individus témoins.

LE HERSAGE

La culture des peupliers exige également un désherbage annuel afin d'éliminer la végétation herbacée, procurer un meilleur approvisionnement en eau et permettre un développement optimal du système racinaire. Hubbes (1971) a observé dans une plantation comparative de plants que le sol travaillé annuellement de 1967 à 1970 a permis une croissance accélérée de peupliers (Tab. 1).

TABLEAU 1

Croissance de clones de peupliers plantés sur sol engazonné, et sur sol travaillé durant 3 ans

NO. HYBRIDES	SOL ENGAZONNE		SOL TRAVAILLE	
	d.h.p. (po.)	hauteur (pi.)	d.h.p. (po.)	hauteur (pi.)
39	0.3*[1]	3.7*	3.5	10.4
6	0.2*	3.4*	2.3	8.5
34	0.3	3.7	2.8	9.9
52	0.5	3.5	2.8	9.8
57	0 *	0.7	2.7	8.7

[1] Ces données sont des moyennes de 5 observations à l'exception des * où il y a de la mortalité.

PRODUCTION LIGNEUSE

Des résultats préliminaires de la production ligneuse de plantations denses (espacement de 2 pieds sur 4 pieds) de boutures de peupliers Jackii indiquent un volume de 500 pi^3/acre après 3 ans et environ 9,000 livres à l'acre de matière sèche (tiges seulement) après 4 ans (Gilles Vallée, communication personnelle).

Les observations sur des peupliers Jackii, rapportée au Tableau 2, donnent une image des possibilités de croissance au Québec (Vallée, 1971).

TABLEAU 2
Croissance observée de certains peupliers Jackii

CLONE NO.	AGE A LA SOUCHE	DHP (PO.)	HAUTEUR (PI.)	LOCALISATION
Q-70-Q	5	4.0	20	Québec
Q-16-Q	6	5.1	27	Québec
Q-1005-Q	12	12.5	55	Québec
IN-302-St-Jean	30	16.0	60 ,	Iles-aux-Noix

Le tableau 3 résume les coûts et les revenus afférents à la production et à la plantation de boutures de peupliers.

STRATEGIES SYLVICOLES

Deux stratégies visant l'une la production de bois à pâte, l'autre la ligniculture, ont été retenues.

L'option bois à pâte consiste à planter des boutures de peupliers hybrides à des espacements de 10 pieds sur 10 pieds ou 8 pieds sur 12 pieds. C'est l'option traditionnelle. Elle présuppose un labourage du sol effectué à l'automne précédant la plantation. On peut par la suite fertiliser à raison de 110 livres/acre de P_2O_5. Il y a lieu d'effectuer un hersage le printemps suivant, immédiatement avant de procéder au plantage. Celui-ci peut être mécanisé au moyen d'une planteuse TM modifiée.

TABLEAU 3

Coûts et revenus afférents à la production et à la plantation de boutures de peupliers

TRAITEMENTS	COUTS		REVENUS
	PRODUCTIVITE	MONETAIRE	
Préparation du terrain			
- défrichement	0.165 à 0.254 ac/hre	$ 154/ac	
- hersage	1.27 ac/hre		
Bouture		$12 à $21/1,000 boutures	
Plantation	boutures/hre		
- dense	900 à 1,000		
- normale	265 à 400	$20 à $25/ac.	
Fertilisation			Augmentation de croissance en hauteur de 100 à 200%.

Deux à trois semaines après le plantage, on peut appliquer un engrais complet N-P-K de formule 6-16-6. Après un an, on doit procéder à un désherbage mécanique. La deuxième année, on effectue un autre désherbage et possiblement une fertilisation azotée à raison de 100 livres à l'acre d'urée. Après la troisième année, on désherbe chimiquement à l'aide du gramoxone, et on répète l'application à la quatrième et la cinquième année si nécessaire. La plantation proprement dite coûte $20 à $25 l'acre. La récolte a lieu entre 13 et 15 ans et fournit près de 30 cordes à l'acre. Lorsqu'on utilise les hybrides baumiers, on n'a pas besoin de planter de nouvelles boutures puisque ces plants se propagent facilement par rejets ou drageons.

La seconde stratégie implique la création d'un taillis de 6 pieds sur 6 pieds ou l'équivalent. Des rejets âgés d'un an du meilleur clone ont produit 1,030 lbs/acre de matière sèche (écorce et bois) et 6,123 lbs/acre lorsque les feuilles sont incluses, dont 873 lbs/acre étaient des protéines brutes.

CHAPITRE 12 - LE COUT DES TRAITEMENTS SYLVICOLES

Le lecteur a pu constater que certains coûts sont présentés à l'intérieur de chacun des chapitres sur les traitements sylvicoles. Toutefois, afin de faciliter la consultation de ce document, nous concentrons dans ce chapitre l'ensemble des coûts et éléments connus de la productivité des différentes opérations sylvicoles.

L'information comprend l'identification du traitement incluant le type d'équipement utilisé, la source de référence, le coût en dollars courant et la productivité exprimée le plus souvent en nombre d'heures-homme ou machine par acre traité.

Le lecteur intéressé retrouvera à l'annexe 1 quelques détails sur les fonctions de production disponibles.

On voudra bien noter que les coûts présentés ici proviennent d'une quinzaine de sources différentes ayant chacune une comptabilité différente. Nous avons essayé de les rendre le plus cohérent possible et nous croyons que les coûts exprimés ici sont comparables entre eux.

Il demeure évident qu'une étude plus élaborée sur le coût et la productivité des traitements sylvicoles est une nécessité si nous voulons améliorer la planification de ce type d'opération.

Cette étude est d'ailleurs en voie de réalisation et sera considérée comme une extension des dossiers sylviculture et exploitation.

TABLEAU 4

COUT DES TRAITEMENTS SYLVICOLES

TRAITEMENTS	TYPE DE MACHINE	SOURCE	COUT
PREPARATION DE TERRAIN			
Drainage		Jarvis et Al,1972	$ 16 à $ 25/ac
Brûlage			$ 4 à $ 12/ac
Scarifiage	Barils et chenilles	Dancause, 1975	$ 20 à $ 35/ac
	Chenilles et chaînes	"	"
	Barils et chaînes	"	"
	Bracke Cultivator	"	$ 15 à $ 20/ac
	Bracke Cultivator	Heikurinen, 1975	
	Barils	"	
PLANTATION			
1. Racines libres			
MANUELLE	A la pelle - 1 fente	MTF - REST.,1975	$ 65./1000 plants
MECANIQUE	Crank-Axle	MTF - REST.,1975	$ 45./1000 plants
	Crank-Axle et "V"		"
	Standard		"
	Tractor-Mounted		"
2. Récipients		Vyse and Ketcheson, 1975 → Backstrom and Wahlquist, 1973	$ 40./1000 plants
ENSEMENCEMENT			
MECANIQUE	Bracke Cultivator	MTF - REST.,1975	$ 18 à $ 23/ac
	Bracke Cultivator	Backstrom and Wahlquist, 1973	
AERIEN	Hélicoptère	MTF - REST.	$ 11./ac
	Avion (monomoteur)	Backstrom and Wahlquist, 1973	

TABLEAU 4

COUT DES TRAITEMENTS SYLVICOLES
(Suite)

TRAITEMENTS	TYPE DE MACHINE	SOURCE	COUT
ARROSAGE DE SYLVICIDES	Manuel Aérien	Berg et All, 1975 MTF - REST. Berg et All, 1975	$ 25 à 40/ac
ECLAIRCIE PRECOMMERCIALE			
SELECTIVE	Hache Hypo-hachette Hache Scie circulaire	MTF - RECH. MTF - RECH. MTF - REST., 1975 Swenson, 1971	$ 150/ac
BANDES	Hache Scie mécanique Timberjack 207D John Deere 1010 FMI prototypes Kershaw Clearway Pettibone Hydro Ax Bombardier Nicolas	MTF - REST. MTF - REST. MTF - REST. MTF - REST. Dunfield, 1975 " " " "	
FERTILISATION			
MANUELLE	Cyclone Seeder	MTF - REST.	
AERIENNE	Kiwi Strip (avion)	Crown, 1975 Gagnon, 1974	5.25 à 5.44¢/lbs 3.0¢/lbs
ECLAIRCIE COMMERCIALE			
MANUELLE	Scie méc.-Cut and pile	MTF - REST. Lussier et Al, 1973	$ 32.64/cu
MECANIQUE	Feller-Limber-Bucker Tracteur Auto-Chargeur	Sondell, 1974 Lussier et Al, 1973	

TABLEAU 4

COUT DES TRAITEMENTS SYLVICOLES
(Suite)

TRAITEMENTS	TYPE DE MACHINE	SOURCE	COUT
COUPE A BLANC	Scie méc.- Cut and pile	MTF - REST.	$ 23.04/cu, 1975
COUPE PAR BANDES		"	$ 28.40/cu, 1975
POPULICULTURE			
DEFRICHEMENT	Tracteur sur chenilles	Bedos, 1972	$ 154/ac
HERSAGE		Bedos, 1972	-
BOUTURE		Haelters, 1973	$ 12 à 21/1000 boutures
PLANTATION	Tractor Mounted Modifié	Ménétrier, 1974	
DENSE (2' x 4')			
NORMALE (10' x 10')			$ 20 à $ 25/ac

TABLEAU 4A

COUT DE PRODUCTION DES SEMIS ET SEMENCES

TYPE DE SEMIS	COUT			
	SEMENCE (CARPENTIER, 1975) ($/1000 SEMENCES VIABLES)	SEMIS A DIFFERENTS AGES (COTE, 1976) ($/1000 PLANTS DE REBOISEMENT)		
1. à racines libres	Espèce	2-0	3.0	2-2
	Mélèze d'Europe $ 1.83	$ 42.31		
	Mélèze laricin 0.98	38.66		
	Mélèze Japonais 2.04	39.23		
	Epinette de Norvège 0.29		$ 44.94	
	Epinette noire 0.38			$ 64.74
	Epinette rouge 0.23			64.12
	Pin gris 0.34	34.29		
	Pin rouge 3.22		53.22	72.02
	Pin sylvestre 0.56		43.65	
	Epinette blanche 0.18		44.52	63.88
	Sapin baumier 0.18			61.29
2. en récipients	Type de machine: Moyenne pour le Canada en 1975 Source : Vyse and Ketcheson 1975 Coût : $ 27./1000 plants			

TABLEAUX 4B

PRODUCTIVITE DANS LES TRAVAUX DE SYLVICULTURE

TRAITEMENTS	TYPE DE MACHINE	PRODUCTIVITE Heure-hom./ acre	PRODUCTIVITE Heure-mach./ acre	FONCTION DE PRODUCTION (A)
PREPARATION DU TERRAIN				
	Barils et chenilles		0.33-0.67	
	Chenilles et chaînes		0.29-0.67	
Scarifiage	Barils et chaînes		0.29-0.67	
	Bracke Cultivator		0.25-0.50	
	Bracke Cultivator		0.50	
	Barils		0.33	
PLANTATION				
1. Racines libres -manuelle	A la pelle - 1 fente	X		$Y = \frac{8X_1}{595}$ (Note 1)
-mécanique	Crank-Axle		X	$Y = \frac{X_1}{957.0406-(21868.4266/X_2)}$ (Note 2)
	Crank-Axle et "V"		X	$Y = \frac{X_1}{1861.1\ (X_2)^{0.3157}}$ (Note 3)
	Standard		X	$Y = \frac{X_1}{326.0067 \times E^{0.0098X_2}}$ (Note 4)
	Tractor-Mounted		X	$Y = \frac{X_1}{736}$ (Note 5)
2. Récipients		X		$Y = \frac{8X_1}{1250}$ (Note 6)
		X		(Note 7)

(A) Les notes auxquelles il est fait référence ici sont présentées à l'annexe I.

TABLEAU 4B

PRODUCTIVITE DANS LES TRAVAUX DE SYLVICULTURE
(Suite)

TRAITEMENTS	TYPE DE MACHINE	PRODUCTIVITE Heure-hom./ acre	PRODUCTIVITE Heure-mach./ acre	FONCTION DE PRODUCTION (A)
ENSEMENCEMENT				
1. Mécanique	Bracke Cultivator		0.25-0.50	
	Bracke Cultivator		X	(Note 8)
2. Aérien	Hélicoptère		N.D.	
	Avion (mono-moteur)		.01	(Note 9)
ARROSAGE DE SYLVICIDES				
1. Manuel		2.46	0.82	(Note 10)
2. Aérien	(Restauration)		N.D.	
	(Suédois)	.08	.027	(Note 11)
ECLAIRCIE PRE-COMMERCIALE				
1. Sélective	Hache	X		$Y = 1.6558+0.0007X_1+0.0070X_2$ (Note 12)
	Hypo-hachette	X		$Y = 0.7037+0.0001X_1+0.0030X_2$ (Note 13)
	Hache	X		$Y = \frac{8X_3}{68.12771+0.10966X_1+0.13919X_2}$ (Note 14)
	Scie circulaire	X		$Y = 0.845\sqrt{X_1 X_2} - 0.7303$ (Note 15)

(A) Les notes auxquelles il est fait référence ici sont présentées à l'annexe I.

TABLEAU 4B

PRODUCTIVITE DANS LES TRAVAUX DE SYLVICULTURE
(Suite)

TRAITEMENTS	TYPE DE MACHINE	PRODUCTIVITE Heure-hom./ acre	PRODUCTIVITE Heure-mach./ acre	FONCTION DE PRODUCTION (A)
2. Bandes	Hache	30../		
	Scie mécanique	33.33		
	Timberjack 207 D		0.59	
	John Deere 1010		1.41	
	FMI prototypes		1.25-4.16	
	Kershaw Clearway		0.83	
	Pettibone Hydro Ax		1.37-1.61	
	Bombardier		0.71-1.54	
	Nicolas		3.57	
FERTILISATION				
1. Manuelle	Cyclone Seeder	5.33		
2. Aérienne			N.D.	
POPULICULTURE				
-défrichement	Tracteur sur chenilles		3.94-6.06	
-hersage			0.79	
-plantation dense	Tractor Mounted		5.45-6.05	
-plantation normale	Tractor Mounted		1.09-1.65	

(A) Les notes auxquelles il est fait référence ici sont présentées à l'annexe I.

PARTIE II

LES STRATEGIES SYLVICOLES APPLICABLES A DIVERS PEUPLEMENTS FORESTIERS DU QUÉBEC

LES STRATEGIES SYLVICOLES

Les stratégies sylvicoles décrites dans les chapitres qui suivent tiennent compte de deux (2) critères de base: les traitements que nous jugeons susceptibles d'être pratiqués au Québec et les principales strates forestières telles que déterminées par la banque des inventaires.

Pour chacune des strates retenues, un texte préliminaire a été rédigé en décrivant les interventions sylvicoles s'appliquant à chaque strate. Ces textes ont été ensuite soumis à des comités "ad hoc" formés d'experts reconnus dans les différents sujets traités. A partir des recommandations de ces comités, la version finale qui suit a été rédigée.

Pour chacune des grandes strates retenues, nous avons tenté de dégager son importance économique, de définir certains objectifs d'aménagement, de décrire les principaux types de peuplements et de définir les traitements sylvicoles applicables et à quel coût. Ces prémisses étant posées, nous suggérons les principales stratégies sylvicoles à appliquer dans chaque strate et peuplement artificiel d'importance au Québec.

CHAPITRE 13 - PEUPLEMENTS D'EPINETTE NOIRE

IMPORTANCE ET OBJECTIFS

Presque essentiellement liée à la grande forêt commerciale, l'épinette noire s'accommode d'une variété de climats et de sols. Au sud, elle se limite aux sols organiques, tandis que dans la forêt boréale elle s'installe sur une variété de sols depuis les sols organiques profonds et à drainage déficient jusqu'aux sols minéraux minces et secs.

De toutes les essences utilisées industriellement au Québec, l'épinette noire occupe de loin la première place. Elle est principalement utilisée comme bois à pâte, mais elle forme aussi une partie de la matière première de l'industrie du sciage.

L'aménagement de la forêt d'épinette noire vise en premier lieu à assurer la régénération des étendues exploitées ou incendiées. Etant donnée la situation septentrionale de l'épinette noire, par rapport aux autres types de peuplement, l'accent est mis fortement sur la production ligneuse; les considérations esthétiques y sont moins importantes. La nécessité de préparer un habitat pour la faune sauvage n'entre en ligne de compte que lorsque les prescriptions établies pour l'installation de la régénération n'y pourvoient pas. Les contraintes principales résident dans l'importance de protéger l'environnement, en particulier avec certains sols délicats où la coupe devrait être soigneusement contrôlée ou même prohibée.

TYPES DE PEUPLEMENT ET CROISSANCE

Les principaux groupements considérés au point de vue de l'aménagement sont la pessière pure, la pessière à sapin, la pessière à pin gris et la pessière à bouleau blanc. Chacun de ces groupements peut se retrouver sur plus d'un type de sol, de sorte que la croissance et la production ligneuse peuvent varier grandement pour un groupement donné. Ce sont les tables de production (Vézina et Linteau, 1968) qui indiquent les caractéristiques des peuplements suivant la qualité de station.

On note aussi chez l'épinette noire des différences de production ligneuse suivant les régions. Ainsi, la région du Nord-Ouest, avec son relief peu accidenté, ses terrains argileux et ses précipitations atmosphériques inférieures à 30 pouces par année, présente des milieux différents de ceux qu'on retrouve sur la Côte Nord, où le relief est plus accidenté, les sols plus minces et la précipitation plus élevée; la région centrale, située autour de Chibougamau, présente des conditions mitoyennes.

NATURE DES SOLS

Comme les traitements et les stratégies sylvicoles varient en fonction des conditions de milieu, il importe de classifier ces milieux. Les principaux éléments du milieu à considérer sont le type de sol, à savoir s'il est organique ou minéral, la profondeur du sol, le drainage et la végétation concurrente (Robinson, 1974).

SOLS ORGANIQUES

Les sols organiques sont ceux qui comportent une couche organique d'au moins 12 pouces d'épaisseur. Leur drainage est en général déficient. La couverture vivante est composée d'éricacées et de sphaignes. Ces peuplements d'épinette noire sont les plus pauvres et font partie des qualités de station 3 et 4. On les rencontre sur le pourtour des tourbières dénudées. Les principaux types suivants (Linteau, 1956) appartiennent à ce groupe: Kalmia-Ledum, Hypnum-Kalmia, Calliergon-Ledum, Sphagnum-Rubus et Sphagmum-Ledum.

SOLS MINERAUX

Les sols minéraux forment les terrains où la couche organique a une épaisseur moindre que 12 pouces. On peut les diviser en 4 groupes.

SOLS PROFONDS ET MAL DRAINES

Ces stations occupent de préférence les bas versants et les terrains plats et forment une transition entre les sols organiques et les sols minéraux. Le peuplement est composé presque exclusivement d'épinette noire, le sol étant recouvert de mousses hypnacées et, dans les endroits plus humides, de touffes de sphaigne. Les types forestiers suivants, décrits par Linteau (1956), appartiennent à ce groupe: Hypnum, Hypnum-Hylocomium. Ce sont des types productifs de qualité de station 2.

SOLS PROFONDS ET BIEN DRAINES

Ces sols sont constitués de divers matériaux allant de l'argile au sable, mais ont en commun un bon drainage. Ils supportent des peuplements appartenant à la 1ère et à la 2ième classes de fertilité, où l'épinette noire croît en mélange avec notamment le bouleau blanc ou le sapin. Les types Pteridium-Aralia, Hypnum-Cornus, Hylocomium-Cornus et Calliergon-Vaccinium décrits par Linteau (1956), appartiennent à ce groupe.

SOLS PROFONDS ET SECS

Ce sont en général des sols sableux recouverts d'une végétation composée de plantes telles que Comptonia, Vaccinium , Cladonia, etc... L'épinette noire y est souvent associée au pin gris et la qualité de station varie de 2 à 4, suivant l'humidité du sol. Les types Cladonia-Ledum et Cladonia-Vaccinium appartiennent à cette catégorie.

SOLS SUPERFICIELS

Ces sols recouvrent partiellement la roche-mère et leur épaisseur est variable. La productivité du peuplement s'améliore à mesure que le sol devient plus épais. La qualité de station varie en général de 3 à 4 et le pin gris accompagne ordinairement l'épinette noire.

ENSEMENCEMENT NATUREL

L'épinette noire commence à produire des semences en abondance

vers l'âge de 30 ans. Les bonnes années semencières se reproduisent à intervalles d'environ 4 ans. Les semences sont transportées par le vent jusqu'à une distance effective d'environ 300 pieds. La dissémination sous les peuplements peut représenter quelques millions de graines à l'acre et elle s'effectue durant une grande partie de l'année grâce à la nature semi-sérotineuse des cônes.

L'épinette noire requiert un substratum humide mais non saturé. Les sphaignes constituent en général un lit favorable à la germination des graines de l'épinette noire, à cause de leur capacité élevée de rétention de l'eau. Dans certaines stations très humides cependant, où le développement des sphaignes est luxuriant, celles-ci peuvent étouffer les jeunes semis.

Les mousses hypnacées, qu'on retrouve surtout dans les stations de qualité 2 sur sol minéral, meurent et s'assèchent rapidement après la coupe, constituant ainsi un mauvais lit de germination.

REGENERATION NATURELLE

On croit que la majorité des peuplements d'épinette noire sont issus d'incendies. Un feu intense a la propriété de préparer des lits de germination favorables et de faire ouvrir les cônes semi-sérotineux sans détruire les graines abondantes qu'ils renferment.

La reproduction végétative sous forme de marcottes joue un certain rôle dans le processus de régénération des peuplements d'épinette noire, mais son ampleur n'est pas exactement connue. Il semble que les peuplements

clairiérés établis sur des stations pauvres soient issus principalement de marcottes, ce qui leur donne un aspect inéquienne. Il est possible que certains peuplements soient constitués entièrement de marcottes.

Des doutes subsistent quant à la valeur des marcottes comme mode de reproduction par rapport aux semis. Stanek (1968a) a étudié la croissance de marcottes et a trouvé que celles qui sont encore reliées physiologiquement à l'arbre-mère ont une élongation très réduite. Par contre, Hatcher, dans une communication verbale, affirme que les marcottes, une fois établies, croissent aussi bien que les semis. En somme, la croissance d'une marcotte devient normale lorsqu'elle s'est libérée de son arbre-mère et qu'elle a constitué son propre système racinaire; mais la marcotte peut prendre 30 ans ou plus avant d'acquérir son indépendance, ce qui rallonge d'autant la révolution.

Le principal problème de régénération avec l'épinette noire survient lorsque le feu ravage des étendues récemment exploitées. Le feu détruit alors la régénération préétablie sur laquelle on comptait pour former le peuplement futur. Une planification des coupes visant à diminuer les dangers d'incendie pourrait s'avérer efficace.

NORMES MINIMALES DE REGENERATION

On entend ici par reproduction satisfaisante un nombre de tiges à l'acre variant de 1000 à 5000 avec une distribution (stocking) supérieure à 60% pour l'épinette noire seulement et supérieure à 70% lorsqu'on considère l'ensemble des conifères, 5 ans après la coupe. La reproduction est considérée comme un échec lorsque sa distribution est inférieure à 40% (épinette noire seulement) ou 50% (tous les conifères).

ENRACINEMENT

Les racines de l'épinette noire sont essentiellement superficielles, ce qui rend cette essence sujette aux chablis. C'est pourquoi des techniques comme l'éclaircie et les coupes progressives ne peuvent s'appliquer indistinctement avec tous les types de peuplement et doivent être appliquées avec circonspection.

TRAITEMENTS ET STRATEGIES SYLVICOLES

Etant donné que les principaux problèmes sylvicoles de la pessière sont liés aux difficultés de régénération naturelle de cette essence, les solutions proposées concernent principalement les méthodes de régénération et de préparation du terrain. La coupe de régénération normalement appliquée avec l'épinette noire est la coupe à blanc conventionnelle ou par blocs, qui dans certains cas doit être modifiée sous forme de bandes. La principale méthode de préparation du terrain est le scarifiage du sol.

Les techniques sylvicoles destinées à augmenter la croissance des peuplements d'épinette noire ont eu jusqu'à présent peu d'applications à cause de l'éloignement des peuplements de cette essence et de leur susceptibilité au chablis. Néanmoins, les peuplements les plus productifs et les plus accessibles pourraient être traités suivant l'une ou l'autre de ces techniques: éclaircie, fertilisation, drainage et application de sylvicides.

LA COUPE A BLANC

La coupe à blanc sans contrainte d'aucune sorte est certes la méthode habituellement employée dans la forêt boréale où l'on rencontre principalement l'épinette noire. Les études effectuées par Weetman et al (1974) montrent que les effets de ces coupes au point de vue de la régénération sont passablement bons. Même si la mécanisation des opérations d'exploitation produit peu de scarifiage du sol, la régénération préétablie en épinette noire est d'ordinaire si abondante que la quantité de reproduction après coupe est suffisamment grande. La distribution spatiale de cette reproduction laisse toutefois souvent à désirer, surtout lorsque la reproduction se fait par marcottes; dans de tels cas, leur croissance peut demeurer faible durant plusieurs années, ce qui contribue à allonger les révolutions. Il ne fait pas de doute qu'une coupe à blanc par blocs, qui permet de conserver des sources de semences permanentes, pourrait modifier le rapport semis-marcottes et accélérer le processus de développement de la reproduction.

En somme, la coupe à blanc conventionnelle ou par blocs peut être pratiquée dans les situations suivantes:

- dans les stations humides, de qualité 3 et 4, sur sols organiques, lorsque la régénération préétablie, généralement sous forme de marcottes, est assez abondante et que le système d'exploitation utilisé ne la détruit pas. La production ligneuse future sera cependant faible et la période de révolution allongée de 30 à 50 ans.

- avec les sols minéraux profonds, à drainage bon à déficient, mais il faudra alors suppléer au manque de régénération naturelle par la plantation, surtout avec les sols bien drainés où la concurrence exercée par les feuillus et les broussailles est plus sévère.

- avec les sols minéraux profonds et secs, lorsqu'on ne désire pas maintenir la proportion d'épinette noire dans le peuplement.

Comme les stations de 1ère et 2ième qualités d'épinette noire sont souvent envahies par divers feuillus de lumière, notamment le bouleau à papier et le peuplier faux-tremble, après la coupe des résineux, il est recommandé de couper ces essences et de les abandonner sur le terrain, lorsqu'elles n'ont pas d'utilisation. Cette façon de faire prévient l'oppression éventuelle de l'épinette par les feuillus.

COUPE PAR BANDES

La coupe par bandes est une option plus intensive qui, liée au scarifiage du sol, permet l'obtention rapide d'une régénération constituée principalement de semis. Les bandes ont en général 4 à 6 chaînes de largeur et la bande coupée alterne avec une bande résiduelle de même largeur. Ces bandes assurent non seulement la présence d'une source stable de semences, mais aussi empêchent le dessèchement des couches superficielles du sol après la coupe et favorisent aussi grandement l'installation de la reproduction.

Cette méthode permet de régénérer facilement l'épinette noire par voie de graines, même dans les stations tourbeuses (Frisque, 1975). Les bandes résiduelles sont normalement coupées 3 à 5 ans après les premières.

La coupe par bandes suivie du scarifiage doit être favorisée dans les situations suivantes:

- avec les sols organiques, dans les stations pauvres et humides, lorsque les débris de coupe sont légers et que les lits de germination favorables, en l'occurrence la sphaigne, sont mal répartis. Cette pratique permet de raccourcir de 30 à 50 ans la période de révolution et d'augmenter la production ligneuse;

- avec les sols minéraux profonds, à drainage bon à déficient, afin d'augmenter les chances d'ensemencement naturel et ainsi éviter les frais de la plantation;

- avec les sols minéraux profonds et secs, lorsqu'on désire maintenir la proportion d'épinette noire dans le peuplement.

Cette coupe par bandes se révèle présentement fort appréciée dans le nord de l'Ontario (Reynolds, 1975). C'est apparamment le moyen le moins cher connu pour assurer une bonne régénération naturelle en épinette noire par voie de graines. Les coûts additionnels associés à cette pratique sont dus principalement à l'entretien des chemins: d'après Frisque (communication personnelle), ces coûts ne seraient que de l'ordre de $0.12/corde.

Il convient de remarquer que certains peuplements d'épinette noire, particulièrement ceux qui sont établis sur des sols minéraux superficiels,

doivent être protégés afin de maintenir leur productivité. Dans certains cas, on ne devrait permettre aucune coupe.

LA PREPARATION DU TERRAIN

Les mesures de préparation du terrain, appliquées généralement en liaison avec la coupe par bandes, ont pour objectifs (a) d'aider la régénération naturelle à s'installer à partir des sources de semences existantes et (b) de faciliter la plantation de semis de pépinière ou en récipients.

Pour l'épinette noire, le programme de préparation du terrain est essentiellement fondé sur le scarifiage en vue de l'installation de la régénération naturelle par semis. Pour augmenter les chances d'obtention d'une régénération suffisante, on doit scarifier en liaison avec la coupe par bandes qui procure une source de semences stable. Les divers types d'équipement utilisés pour le scarifiage au Québec ont été passés en revue par Dancause (1975).

Lorsque la régénération est insuffisante, même après une coupe par bandes suivie de scarifiage, on peut compléter au moyen de la plantation. Cette technique est cependant très coûteuse à cause de l'éloignement, du climat et de l'absence de main-d'oeuvre.

Le coût du scarifiage dans la pessière noire boréale s'élève en moyenne à $30 l'acre. L'équipement normalement utilisé consiste en des barils, souvent au nombre de 4, traînés par un tracteur sur chenilles d'au moins (180 H.P.) équipé d'un treuil. Les chaînes produisent un excellent résultat dans les étendues brûlées après la coupe.

On peut ajouter ici que le mode et la saison d'exploitation influent grandement sur la quantité et la distribution de la reproduction. Ainsi une coupe effectuée en hiver est moins dommageable avec les sols délicats, tandis qu'une coupe d'été accentue le scarifiage.

On peut supposer qu'à l'avenir, des développements technologiques dans les méthodes de brûlage contrôlé et dans l'utilisation des sylvicides, de même que dans l'équipement de scarifiage, vont constituer une aide nouvelle, mais pour l'avenir prévisible l'essentiel de tout programme de préparation du terrain sera basé sur le scarifiage.

AUTRES TECHNIQUES SYLVICOLES

D'autres techniques sylvicoles, souvent de nature expérimentale, pourraient augmenter les possibilités de croissance des peuplements d'épinette noire: ce sont l'éclaircie, la fertilisation, le drainage et l'application de sylvicides. Ces traitements peuvent être employés seuls ou combinés, et il résulte souvent de l'application simultanée de 2 traitements, par exemple l'éclaircie et la fertilisation, ou encore le drainage et la fertilisation, une réaction synergique qui augmente la production ligneuse.

L'ECLAIRCIE ET LA FERTILISATION

Malgré la susceptibilité de l'épinette noire au chablis, il semble que certains peuplements à productivité élevée, notamment la pessière à bouleau blanc, la pessière à sapin et la pessière pure à Calliergon ou Hypnum,

pourraient subir une éclaircie vers l'âge de 50 ans. La fertilisation avec l'azote sous forme d'urée, combinée à l'éclaircie, produirait une réaction synergique encore plus souhaitable comme le démontre les travaux de Weetman (1975).

En effet, grâce à une éclaircie réduisant la surface terrière de 50% dans toutes les classes de diamètre et ramenant le volume total de 2,550 à 1,290 pi.^{3}/acre et à une fertilisation de 100 et de 400 livres d'azote à l'acre, en traitements simples ou combinés, cet auteur a obtenu une augmentation du taux d'accroissement périodique brut en volume total qui va jusqu'au double par rapport aux témoins non traités. L'accroissement périodique net sur 10 ans a été de 92 pi.^{3}/acre pour les témoins, de 319 pour l'éclaircie à 50% et de 659 pour le traitement combiné. Toutes les classes de diamètre ont réagi au traitement, et le diamètre moyen du peuplement a augmenté en 10 ans de 0.24 pour les témoins jusqu'à 0.83 pouce pour les traitements combinés d'éclaircie à 50% et d'urée à 400 livres/acre.

LE DRAINAGE

La technique du drainage, qui est fort appliquée en Scandinavie, notamment en Finlande où l'on espère qu'elle contribuera à augmenter la possibilité nationale de 20%, a été expérimentée par Stanek (1968b, 1970) et par Payandeh (1973 a, b). Ce dernier auteur a analysé les effets biologiques et les aspects économiques d'une expérience de drainage effectuée en 1929 par la compagnie Abitibi Paper Co. Ltd, en collaboration avec le service forestier d'Ontario. Le drainage a provoqué, sur une période de 40 ans, une augmentation

sensible de la croissance en diamètre, en hauteur, et par conséquent en volume, aussi bien d'arbres individuels que du peuplement tout entier.

Les terrains drainés en 1929 supportaient des peuplements d'épinette noire âgés de 80 ans et appartenant à 3 qualités de station. Ceux de site 3, d'un indice de fertilité de 26 pieds à 50 ans, possédaient un volume marchand de 45 cordes/acre en 1969, dont 20 cordes/acre étaient dues au drainage seulement. Ceux de site 4, d'indices respectifs de 17 et 14, possédaient un volume respectif de 21 et 13 cordes/acre, dont 13 et 11 cordes/acre provenaient de la réaction au drainage.

On doit remarquer cependant que le drainage est actuellement abandonné en Ontario (Frisque, communication personnelle), suite à l'incertitude quant à sa rentabilité.

L'APPLICATION DE SYLVICIDES

Le besoin de dégager l'épinette noire de la concurrence des feuillus, tels que le tremble, et des broussailles comme l'aulne, apparaît dans diverses situations, notamment avec les sols organiques mal drainés et les sols minéraux argileux. Le 2,4-D, auquel l'épinette noire est résistant, surtout après l'aoûtement des bourgeons, peut être employé localement pour éviter une période d'oppression. Chaque cas doit cependant être évalué individuellement, à cause des effets secondaires possibles. Par exemple, l'aulne, qui offre une concurrence sévère à l'épinette noire et peut contribuer à rallonger de plusieurs années les révolutions, produit aussi des effets bénéfiques en fixant l'azote du sol et en empêchant par évapotranspiration une remontée de

la nappe d'eau. Par ailleurs, l'élimination d'un couvert de tremble peut amener une invasion de graminées et de carex, particulièrement avec les sols minéraux à texture argileuse.

STRATEGIES SYLVICOLES, COUTS ET EFFETS

Le tableau suivant résume les stratégies envisagées pour l'épinette noire et indique, dans la mesure du possible, les coûts et les effets prévus:

Stratégies sylvicoles envisagées pour l'épinette noire, ainsi que les coûts et les effets prévus

A. Coupe à blanc conventionnelle

- quantité de régénération en épinette noire souvent suffisante, parfois surabondante;
- en général mauvaise distribution, d'où une utilisation moindre du potentiel de la station et éventuellement une production ligneuse réduite;
- reproduction assurée largement par des marcottes, surtout dans les stations pauvres, ce qui implique un allongement de la période de révolution variant de 30 à 50 ans;
- fortes probabilités d'envahissement du terrain par les feuillus indésirables et les broussailles, surtout dans les stations riches, avec allongement de la révolution d'une vingtaine d'années.

B. Coupe à blanc par blocs, impliquant la coupe des feuillus (laissés sur place s'il n'y a pas d'utilisation)

- disponibilité de sources permanentes de graines, d'où une meilleure distribution de la régénération naturelle et une plus forte proportion de semis par rapport aux marcottes: possibilités de raccourcir la révolution de 20 ans et d'augmenter la production ligneuse;
- la coupe des feuillus peut diminuer le problème de l'envahissement du terrain par les feuillus indésirables: révolution raccourcie d'environ 20 ans.

C. Coupe par bandes, suivie du scarifiage

- plus grande quantité de régénération par voie de graines;
- meilleure distribution des semis (plus de 70%), d'où éventuellement une production ligneuse accrue;
- croissance initiale des semis plus hâtive, d'où une révolution raccourcie d'au moins 30 ans par rapport à A;
- coût moyen du scarifiage: $20 à $35/acre;
- coût additionnel de la coupe par bandes: au moins $3/cunit

D. L'option C, avec en plus la plantation d'épinette noire

- coût: plus de $50/acre excluant le coût des plants;
- option peu recommandée, en raison des conditions de terrain difficiles, du climat défavorable et de l'éloignement de la main-d'oeuvre

E. L'option C, plus une éclaircie à 50 ans

- trois(3) cunits/acre additionnels résultant de l'éclaircie;
- meilleure distribution des diamètres, plus petit nombre d'arbres par cunit;
- diminution de la révolution;
- option limitée aux stations de 1ère et 2ième qualités

F. L'option C, plus une éclaircie et une fertilisation combinées à 50 ans

- cinq(5) à six (6) cunits/acre additionnels résultant du traitement combiné grâce à l'effet synergique;
- diminution de la révolution

G. L'option A, plus un drainage (sols organiques)

- rentabilité incertaine du drainage;
- coût indéterminé, mais élevé du drainage;
- peut doubler la production ligneuse sur une longue période;
- doit être considérée comme une mesure de dernier ressort, dans un contexte de pénurie de bois.

TABLEAU 5

TABLEAU SYNTHESE DES DIFFERENTES STRATEGIES SYLVICOLES POUR LES PESSIERES A EPINETTE NOIRE - PEUPLEMENTS COMPLETS*

STRATEGIES	TRAITEMENTS	SITE	AGE	VOLUME MARCHAND (cunits/acre) PAR TRAITEMENT	VOLUME MARCHAND (cunits/acre) CUMULATIF	DHP MOYEN (1 po et +)	NOMBRE DE TIGES A L'ACRE AU TRAITEMENT
Option A	Coupe à blanc de résineux	II	80	28	--	6.1	720
		III	100	18	--	4.9	955
		IV	120	10	--	3.9	1,300
Option B	Coupe à blanc Toutes essences	II	80	29	--	6.1	730
Option C	Coupe à blanc par bandes et scarifiage	II	75	27	--	5.9	760
			80	29	--	6.1	730
		III	95	17	--	4.8	980
			100	18	--	4.9	955
Option D	Option C plus plantation	Seconde révolution - idem option A ou B					
Option E	a. Eclaircie	II	50	5	5	4.2	1,440
	b. Coupe à blanc par bandes et scarifiage	II	70	24	29	6.1	620
			75	26	31	6.3	600
Option F	a. Eclaircie et fertilisation	II	50	5	5	4.2	1,440
	b. Coupe à blanc par bandes et scarifiage	II	70	27	32	6.4	620
			75	29	34	6.6	600
Option G	a. Drainage	IV	0	--		--	--
	b. Coupe à blanc	IV	100	18	18	4.9	955

* Peuplements renfermant autant d'arbres ou de matière ligneuse qu'il en peut normalement contenir d'après son âge, son site et les essences qui le composent.

Note: Les hypothèses qui ont permis de produire les données de ce tableau sont présentées en annexe II.

TABLEAU 6

TABLEAU SYNTHESE DES DIFFERENTES STRATEGIES SYLVICOLES POUR LES PESSIERES A EPINETTE NOIRE ET SAPIN - PEUPLEMENTS COMPLETS* VARIANTE DES STRATEGIES DE LA PESSIERE A EPINETTE NOIRE

STRATEGIES	TRAITEMENTS	SITE	AGE	VOLUME MARCHAND (cunits/acre) PAR TRAITEMENT	VOLUME MARCHAND (cunits/acre) CUMULATIF	DHP MOYEN (1 po et +)	NOMBRE DE TIGES A L'ACRE AU TRAITEMENT
Option A	Coupe à blanc du résineux	I	60	21	--	6.3	500
		II	70	23	--	5.6	750
		III	90	26	--	5.3	950
Option B	Coupe à blanc Toutes essences	I	60	31	--	6.3	730
		II	70	29	--	5.6	900
		III	90	28	--	5.3	1,050
Option C	Coupe à blanc par bandes et scarifiage	I	55	29	--	6.0	810
			60	31	--	6.3	730
		II	65	26	--	5.4	975
			70	29	--	5.6	900
		III	85	26	--	5.2	1,100
			90	28	--	5.3	1,050
Option D	Option C et plantation - Seconde révolution - idem option A ou B						
Option E	a. Eclaircie	I	45	6	6	5.2	1,100
		II	50	6	6	4.4	1,370
	b. Coupe à blanc par bandes et scarifiage	I	60	25	31	6.6	660
			65	28	34	6.9	610
		II	70	20	26	5.9	715
			75	22	28	6.1	690
Option F	a. Eclaircie et fertilisation	I	45	6	6	5.2	1,100
		II	50	6	6	4.4	1,370
	b. Coupe à blanc par bandes et scarifiage	I	60	28	34	6.9	660
			65	31	37	7.2	610
		II	60	23	29	6.2	715
			65	25	31	6.4	690

* Peuplements renfermant autant d'arbres ou de matière ligneuse qu'il en peut normalement contenir d'après son âge, son site et les essences qui le composent.

Note: Les hypothèses qui ont permis de produire les données de ce tableau sont présentées en annexe II.

CHAPITRE 14 - PEUPLEMENTS DE SAPIN BAUMIER

IMPORTANCE

Le sapin baumier occupe une place importante au point de vue forestier au Québec, particulièrement dans l'Est de la province, à la fois dans la forêt boréale et dans celle du Saint-Laurent. Globalement, il représente quelque 22% du volume ligneux des forêts commerciales, mais sa part devient encore plus significative dans certaines régions comme Québec-Estrie et Bas Saint-Laurent-Gaspésie où elle atteint 40%, et plus de 50% respectivement (Anon., 1975g).

Le sapin est non seulement une essence de valeur primordiale pour au moins deux (2) régions de la forêt des zones habitées, mais encore est-il sans doute l'essence qui se prête le mieux à des interventions sylvicoles. En effet, sa réaction forte et rapide à l'éclaircie, de même que sa grande facilité de régénération naturelle, en font l'essence indigène la plus apte à l'application d'un système sylvicole complet.

OBJECTIFS D'AMENAGEMENT

L'objectif principal des activités d'aménagement consiste d'une part à maintenir en état de productivité les étendues forestières affectées au sapin et d'autre part de soutirer de ces peuplements la plus grande valeur de produits ligneux possible. En outre, les forêts de sapin sont idéalement situées pour servir à une multitude d'usages tels que la production

de faune sauvage, la production d'eau, les paysages et la récréation. Les sommes investies dans l'aménagement intensif des sapinières devraient donc à l'avenir produire un impact considérable dans l'économie forestière de plusieurs régions du Québec.

INSTALLATION DU PEUPLEMENT

En général, le sapin se régénère naturellement avec facilité après la coupe. Il produit des graines tôt, fréquemment et en abondance. Bien que le taux de viabilité des graines soit relativement faible dans les conditions naturelles, les semis s'installent rapidement, même sous un ombrage prononcé, sur divers milieux tels qu'un humus mince, un sol minéral ou le bois en décomposition. Dès l'âge de 4 ou 5 ans, le semis de sapin exige un couvert moins dense pour croître rapidement, sinon il peut demeurer opprimé, avec une croissance réduite, durant plusieurs décennies. Une fois dégagé, cependant, il reprend sa croissance normale.

Le sapin exige un climat humide ainsi qu'un sol fertile et bien drainé. Plus les précipitations atmosphériques sont fortes, meilleur est le développement du sapin. Les peuplements de sapin sont particulièrement bien développés dans les zones à fortes précipitations comme le parc des Laurentides, le bassin de la Manicouagan et la Gaspésie. Par contre, le sapin présente un état appauvri et maladif lorsque les précipitations annuelles sont inférieures à 30 pouces environ. C'est le cas de l'Ontario et d'une grande partie de l'ouest du Québec où le sapin est en général considéré comme sans valeur économique.

Le sapin est confiné, en pratique, aux stations de première et de deuxième qualité. Dans les stations de première qualité, le sapin est d'ordinaire accompagné d'essences feuillues comme le bouleau à papier, le bouleau jaune et le tremble. Après la coupe, divers feuillus sans valeur et des broussailles peuvent envahir le terrain et nuire à l'installation de la régénération ou au développement du sapin. L'essence concurrente posant le plus de problèmes est l'érable à épis, qui possède des exigences écologiques semblables à celles du sapin et qui peut former un couvert dense et complet.

Les stations de deuxième qualité sont occupées par des peuplements résineux où le sapin est à l'état pur ou accompagné par l'épinette ou le thuya. Comme la régénération en sapin se développe rapidement après la coupe, ces peuplements ont souvent tendance à posséder un nombre de tiges très élevé. La croissance en diamètre des arbres est alors réduite et, lorsque la densité du peuplement est extrême, il se produit un arrêt du développement appelé stagnation.

Depuis la fin du siècle dernier, il semble que le sapin ait agrandi son aire et augmenté sa proportion, par suite des coupes réalisées d'abord dans les forêts de pin blanc de l'Outaouais et du Saint-Laurent, puis dans celles d'épinette. Les épidémies de la tordeuse des bourgeons ont aussi pour effet, à long terme, de favoriser l'installation et le développement du sapin.

LES TYPES DE PEUPLEMENT

Les types de peuplement où le sapin baumier joue un rôle important sont les suivants (Lafond et Ladouceur, 1967): la sapinière pure, la sapinière

à bouleau blanc, la sapinière à épinette, la sapinière à bouleau jaune et la sapinière à thuya.

LA SAPINIERE PURE

On rencontre la sapinière pure à la fois dans la forêt boréale et dans la forêt du Saint-Laurent. Le sapin est soit exclusif, soit accompagné de l'épinette blanche, de l'épinette rouge et du bouleau à papier principalement. La majeure partie de ces sapinières sont établies sur des stations de 2ième qualité et elles forment le paysage dominant de certaines régions de l'Est du Québec comme la Gaspésie et le parc des Laurentides. La croissance de ces peuplements y est souvent excellente et la production ligneuse nette peut facilement atteindre 25 à 30 cunits à l'acre en 60 à 70 ans.

En général, ces sapinières se régénèrent facilement après la coupe et le jeune peuplement de sapin issu de semis préétablis atteint souvent très tôt une forte densité. Bien que le volume total à l'acre demeure élevé, la croissance en diamètre des tiges reste faible. Ces peuplements sont susceptibles aux dommages causés par divers agents comme la carie, le vent, le verglas et surtout la tordeuse des bourgeons.

LA SAPINIERE A BOULEAU A PAPIER

Cette sapinière occupe des stations d'excellente qualité où l'on trouve, en plus du sapin, le bouleau à papier et parfois des peupliers (faux-tremble et baumier). Durant les derniers 30 ans, la maladie du dépérissement

a considérablement affecté le bouleau, ce qui a favorisé le développement d'un sous-étage de sapin qui est à l'origine de plusieurs des peuplements actuels. Cependant, dans les peuplements de sapin-bouleau qui n'ont pas été exploités trop fortement, et dans ceux où le bouleau continue d'y jouer un rôle important, on observe que la régénération du bouleau ne semble pas affectée par le dépérissement. Le passage d'un feu, même léger, favorise aussi la venue du bouleau à papier ainsi que du tremble.

Les sapinières de ce type, qui sont abondantes notamment dans la région du Bas Saint-Laurent et Gaspésie, présentent souvent des difficultés de régénération en sapin après la coupe. En effet, le terrain de coupe est la plupart du temps envahi par des feuillus ou par des broussailles qui empêchent l'installation du sapin ou qui oppriment les semis déjà établis. De toutes ces espèces concurrentes, c'est l'érable à épis qui présente le plus de problèmes.

LA SAPINIERE A EPINETTE

Le sapin s'associe parfois à l'épinette noire, surtout dans la forêt boréale, et à l'épinette rouge, surtout dans la forêt du Saint-Laurent pour former des peuplements denses et productifs. Les plus beaux de ces peuplements sont établis sur des sols minéraux humides en terrain plat ou légèrement incliné; la qualité des tiges de sapin et d'épinette, jugée d'après l'élagage naturel et le défilement du fût, y est remarquable. Cependant, les coupes à blanc conventionnelles qu'on y a pratiquées ont généralement favorisé l'installation du sapin au détriment de l'épinette.

LA SAPINIERE A BOULEAU JAUNE

Ce type de sapinière se rencontre dans la forêt du Saint-Laurent. Le sapin y est normalement associé au bouleau jaune, à l'épinette, au pin blanc et parfois à l'érable à sucre, à l'érable rouge, au thuya et à la pruche. Toutefois, par suite des exploitations répétées où l'on a coupé le pin, l'épinette puis le bouleau, ces peuplements sont aujourd'hui à dominance de sapin accompagné de bouleau jaune dont la qualité est d'ailleurs médiocre.

LA SAPINIERE A THUYA

Ces peuplements possèdent généralement une structure irrégulière due à des coupes partielles. On les retrouve dans la forêt du Saint-Laurent, particulièrement dans la région Bas Saint-Laurent et Gaspésie, où ils occupent les moyens et les bas versants. La proportion de thuya augmente à mesure que le drainage du sol devient déficient; le mélèze apparaît alors, et parfois le frêne noir.

ENRACINEMENT

Le sapin est considéré comme une essence à enracinement superficiel. A ce titre, il est susceptible au chablis. D'une façon générale, ce sont les peuplements denses, âgés ou situés dans des endroits exposés au vent qui sont renversés partiellement ou complètement. Les peuplements qui subissent une éclaircie dans leur jeune âge acquièrent une plus grande stabilité grâce à leurs systèmes racinaires mieux développés.

INSECTES ET MALADIES AFFECTANT LE SAPIN

Les principaux agents qui affectent sérieusement la santé du sapin sont la carie du pied et la tordeuse des bourgeons. La carie du pied, aussi appelée "coeur rouge", affecte le sapin dès l'âge de 40 ans dans l'Ouest de la province et à partir de 60 ans dans l'Est. Outre les pertes de volume ligneux qu'elle produit, la carie rend aussi les vieux peuplements sujets au chablis et raccourcit la période de révolution. Dans l'Est du Québec cependant, certains peuplements de sapin sont remarquablement exempts de carie, même à un âge avancé, pour des raisons inconnues.

Les pertes de volume ligneux causées par la carie peuvent être minimisées en évitant les blessures mécaniques au tronc et les bris de cime dues à l'exploitation, ainsi qu'en adoptant des révolutions plus courtes.

La tordeuse de bourgeons est un insecte défoliateur indigène dont le cycle de développement est intimement lié à celui du sapin. Les infestations de la tordeuse, dont on a pu retracer l'histoire au cours des siècles derniers, ont servi à liquider les vieux peuplements de sapin et à les remplacer par des jeunes peuplements vigoureux. La tordeuse est en fait un "aménagiste" éprouvé (Baskerville, 1975) et il appert que les forestiers devront apprendre à vivre avec elle. Au lieu de s'en débarrasser, on n'a apparemment réussi qu'à raccourcir l'intervalle qui sépare l'infestation actuelle de la précédente grâce à l'application de la politique de préservation de la "forêt verte" par les arrosages (Blais, 1974).

On devra à l'avenir s'orienter vers la détermination des caractéristiques des peuplements, telles que l'âge, la distribution des diamètres, la composition en essences, etc... qui peuvent minimiser l'impact de la tordeuse. Les techniques sylvicoles, qui influent directement sur ces caractéristiques, pourront alors être planifiées et exécutées pour rendre les peuplements moins susceptibles et vulnérables à la tordeuse.

Il semble aussi qu'à l'avenir on doive concentrer les efforts d'aménagement intensif du sapin dans les zones où il se développe le mieux, en tout cas dans l'Est du Québec. Dans l'Ouest, on devrait plutôt décourager sa venue en favorisant l'établissement d'essences telles que les pins, les épinettes et divers feuillus au moyen de mesures sylvicoles incluant le brûlage contrôlé, si nécesaire.

Enfin, un aménagement par courtes révolutions permettrait certes de réduire la susceptibilité de maints peuplements. D'ailleurs, les tables de rendement disponibles (Vézina et Linteau, 1968; Bolghari et Vézina, 1974) de même que certaines études (Hatcher, 1960) suggèrent un âge d'exploitabilité de 40 à 50 ans. L'application de techniques sylvicoles comme l'éclaircie et la fertilisation assureraient à cet âge un diamètre moyen et une distribution de diamètres qui permettraient une exploitation mécanisée et de rencontrer les normes des industries de transformation.

NORMES MINIMALES DE REGENERATION

On peut considérer la régénération du sapin comme satisfaisante lorsqu'on a de 1,000 à 3,000 semis à l'acre avec une distribution d'au moins 70%, 5 ans après la coupe.

TRAITEMENTS SYLVICOLES

Certains traitements, tels que la coupe à blanc, la coupe par bandes et les coupes progressives, sont pratiqués en vue de faciliter l'installation de la régénération; d'autres, comme l'éclaircie, la fertilisation ainsi que les coupes de dégagement et d'amélioration, ont pour but d'améliorer les conditions de croissance et d'augmenter la production ligneuse.

LA COUPE A BLANC

Lorsque les peuplements sont mûrs ou surannés et que la régénération préétablie est suffisante en nombre, distribution et hauteur, il n'y a pas d'inconvénient à pratiquer la coupe à blanc conventionnelle. Tout au plus pourrait-on introduire certaines contraintes mineures pour assurer, par exemple, le protection de la faune. A cet égard, une modification souhaitable consisterait à couper à blanc par blocs de 200 à 300 acres. Dans les zones où il n'existe pas d'utilisation pour les feuillus, on pourrait couper ces essences et les laisser sur place pour éviter que le terrain ne soit envahi par ceux-ci après la coupe.

Les coupes à blanc effectuées par le MTF durant l'année 1973-74 ont coûté $24.04 par cunit avec une productivité moyenne de 5.0 cunits par jour-homme.

LA COUPE PAR BANDES

Dans les stations de première qualité, particulièrement dans l'Est et le Sud du Québec, l'érable à épis a tendance à envahir le parterre des coupes,

empêchant ainsi l'installation des semis de sapin ou nuisant à leur développement. D'autres brousailles sont aussi envahissantes, telles que le cerisier, le framboisier, etc..., mais leur effet est moindre que celui de l'érable à épis. Avec les vieux peuplements qui n'ont jamais été traités, la coupe par bandes d'environ 100 pieds de largeur pourrait, dans ces situations, nuire au développement des brousailles et favoriser ainsi le sapin. Dans le cadre d'un aménagement intensif la coupe par bandes pourrait aussi être favorisée plus largement.

Le coût de la coupe par bandes revient essentiellement à celui de la coupe à blanc, auquel il faut cependant ajouter le coût d'entretien des chemins et le marquage des bandes.

LES COUPES PROGRESSIVES

Les coupes progressives constituent une forme d'aménagement plus intensive que la coupe par bandes. Cette méthode consiste à entrouvrir graduellement le vieux peuplement, à l'âge de prématurité, afin d'aider à l'installation et au développement d'une régénération préétablie. D'ordinaire une série de deux (2) coupes, la première partielle et la seconde finale, suffisent à cette fin.

Cette méthode convient aux peuplements écrémés, où le parterre est déjà partiellement envahi par des broussailes, ainsi qu'aux peuplements mélangés d'essences à révolutions différentes. Dans le premier cas, une coupe à blanc ne ferait qu'accentuer le problème des broussailles, tandis que dans le second cette méthode permet de couper d'abord le sapin, laissant sur pied les essences qui peuvent encore présenter un taux de croissance intéressant.

Cette méthode convient peu aux peuplements purs de sapin qui n'ont jamais été traités à cause des risques élevés de chablis.

Les coûts des coupes progressives sont sensiblement les mêmes que ceux des éclaircies, telles que décrit ci-après.

L'ECLAIRCIE

L'éclaircie dite précommerciale, c'est-à-dire celle qui se pratique sans qu'il y ait de récupération de bois, peut débuter à l'âge de 15 ou 20 ans. D'après diverses expériences, notamment celle de Vézina et Doucet (1969), c'est un traitement qui lorsqu'appliqué au sapin, présente des opportunités culturales et économiques favorables. On l'applique aux jeunes sapinières denses, surtout celles établies sur des stations de 2ième qualité. Elle permet d'augmenter de l'ordre de 50%, sur une période de 5 ans, la croissance en diamètre des arbres. De plus, ce traitement a pour effet de régulariser l'espacement, d'uniformiser la distribution des tiges, de raccourcir la révolution et, dans certains cas, de prévenir une stagnation. Il peut aussi contribuer à faire avancer le moment d'une première récupération de bois.

Il est possible d'opérer manuellement, à l'aide de scies mécaniques ou circulaires, ou encore par empoisonnement chimique, dans les peuplement qui ne renferment pas plus de 6,000 tiges à l'acre environ à 15 ans. Lorsque les tiges dépassent ce nombre (et il peut s'élever jusqu'à 15,000), le traitement manuel devient trop coûteux et les opérations doivent être mécanisées au moyen de débroussailleuses.

Il semble qu'il soit préférable de ne pas traiter ainsi les jeunes sapinières infestées par la tordeuse, car la croissance additionnelle obtenue est aussitôt annulée par la défoliation subséquente.

L'éclaircie "commerciale" peut débuter vers l'âge de 35 ans, surtout lorsqu'elle a été précédée d'une éclaircie "précommerciale". Elle se pratique normalement à des intervalles de 8 à 15 ans jusque vers 60 ans. D'ordinaire, on enlève au maximum 40% de la surface terrière ou du volume marchand afin de minimiser les risques de chablis. Passé l'âge de 50 ans, on se contente d'enlever le tiers et parfois seulement 20%, dans les endroits exposés au vent et lorsque le peuplement n'a jamais été traité auparavant.

L'éclaircie par le haut, qui consiste à enlever les co-dominants et les dominants qui nuisent le plus aux tiges d'élite de ces deux classes de cime, est la plus avantageuse à pratiquer: elle permet une plus forte récupération de bois tout en assurant aux gros sujets producteurs un espace de croissance suffisant. Une première éclaircie de ce type permet en général de récupérer 5 à 8 cunits à l'acre; avec les éclaircies subséquentes, la récupération atteint 8 à 12 cunits à l'acre.

Lorsque la coupe est faite suivant les normes techniques exposées ci-dessus (coupe à 40% maximum avant 50 ans, coupe à 20 ou 30% après 50 ans, éclaircie par le haut), le peuplement résiduel réagit d'autant mieux et la régénération en sapin s'installe d'autant plus facilement que la composition du peuplement est résineuse. Par exemple, avec les peuplements résineux, on peut s'attendre à une production nette de 50 à 60 pi.^{3}/acre. Ceci donne un taux de croissance basé sur la production brute de 3 à 4%, et basé sur la production nette de 2 à 3% (Pfalzgraf, 1975).

Avec les peuplements mélangés, on n'a pas réussi jusqu'à présent à obtenir une bonne réaction chez les feuillus, de sorte que plus la proportion des feuillus est élevée, moins la réaction globale du peuplement résiduel est bonne. Ceci est dû sans doute au manque d'intérêt pour les feuillus dans le passé et aussi au manque d'expérience dans le traitement de ces essences. La régénération du sapin est aussi plus difficile à obtenir dans les peuplements mélangés.

A partir de 72 projets d'éclaircie précommerciale supervisés par le MTF, une fonction de production a pu être déterminée pour une opération manuelle. Les variables retenues sont le nombre de tiges à l'acre avant le traitement (X_2), l'étendue du projet (X_1) ainsi que le nombre de tiges enlevées par jour-homme (Y).

Lorsqu'on fait abstraction de l'étendue du projet, on a l'équation: --

$$Y = 175.85261 + 0.13892X_2$$

$$F = 8.35; \quad R = 0.703; \quad R^2 = 0.49; \quad E = 225.$$

En introduisant l'étendue du projet, on obtient l'équation suivante: --

$$Y = 68.12771 + 0.10966X_1 + 0.13919X_2$$

$$F = 37.6; \quad R = 0.72; \quad R^2 = 0.52; \quad E = 221.$$

L'éclaircie précommerciale mécanisée n'a été expérimentée que sur des étendues réduites et avec un petit nombre de modèles de débroussailleuses. D'après Dunfield (1975), la production de ces machines varie de 0.8 à 2.0 acres par heure-machine, suivant les conditions de peuplement et de terrain et le type de machinerie.

La moyenne de production pour les travaux d'éclaircies commerciales supervisés par le MTF pour l'année 1973-74 fut de 2.75 cunits par jour-homme pour 9 projets. Le coût total cette année-là s'élevait à $32.64 par cunit, incluant le coût des travaux préliminiares. Ces travaux concernent principalement le martelage des arbres, qui revient à $1.00 par cunit dans les endroits très accessibles, mais peut s'élever à $3.00 par cunit dans certains cas (données de l'été 1974, Forêt domainale des Appalaches). D'autres données plus détaillées ont été recueillies durant plusieurs années par le Fonds de Recherches Forestières de l'Université Laval, notamment à Ste-Lucie-de-Beauregard, et sont disponibles dans les rapports annuels de cet organisme.

Il convient de mentionner que certains ingénieurs forestiers jugent qu'une seule éclaircie dans les sapinières est suffisante, à cause du grand nombre de blessures occasionnées lors du débusquage et des risques subséquents de carie. Le nombre de blessures au tronc et de bris de cime est cependant fonction de la densité du peuplement, du mode d'exploitation, de la machinerie utilisée et aussi des opérateurs de machine eux-mêmes.

LA FERTILISATION

Les résultats partiels obtenus à la suite de divers essais de fertilisation (Weetman et al. 1975; Gagnon, 1974) permettent tout de même d'entrevoir le potentiel que présente cette technique pour augmenter la production ligneuse.

Weetman et al. (1975) rapportent une amélioration d'environ 25% à l'accroissement en volume et en diamètre (observée durant 5 ans) suite à une fertilisation de sapinières avec 200 livres d'azote et 100 livres de potassium à l'acre. Ces auteurs sont d'avis qu'une opération de fertilisation produirait de

meilleurs résultats si elle était effectuée dans un peuplement éclairci ou dans une plantation, car l'engrais serait capté avant tout par un nombre réduit de gros sujets producteurs.

La production d'un ouvrier pour épandre manuellement 300 livres d'engrais à l'acre dans un peuplement éclairci est estimée à 1.5 acre par jour en moyenne. Selon G. Gauthier (MTF, communication personnelle), cette production peut être doublée lorsque les conditions d'application sont favorables. Ces valeurs proviennent des opérations de fertilisation des peuplements semenciers du MTF.

Pour l'épandage aérien, le coût d'application a été estimé à $0.03 par livre d'engrais (Roberge et Gagnon, 1974). Ces auteurs soulignent que ce coût varie suivant la facilité d'accès, la localisation de l'aire d'atterrissage, l'aire à traiter, les conditions atmosphériques et l'uniformité d'épandage. Ces deux (2) dernières variables influencent non seulement le coût d'application, mais aussi les effets escomptés sur la croissance des arbres et le milieu. Cependant, une fois atteint un certain niveau d'uniformité d'épandage, le coût d'application augmente d'une façon disproportionnée par rapport aux effets escomptés telles l'augmentation de croissance des arbres et l'absence de volatilisation et de délavage.

COUPES DE DEGAGEMENT ET D'AMELIORATION

Ces coupes sont généralement pratiquées dans les peuplements jeunes ou d'âge moyen établis sur stations de première qualité, là où s'exerce une forte concurrence par les feuillus indésirables et les broussailles. On utilise, pour éliminer ou diminuer cette concurrence, des méthodes telles que la coupe

des arbres proprement dite, l'annelage et l'empoisonnement par injection ou par arrosage.

La nécessité de pratiquer de telles opérations dépend, du point de vue sylvicole, du degré d'oppression qu'exercent les feuillus indésirables sur le sapin ainsi que du taux d'élongation respectif de ces deux (2) groupes d'essences.

Cependant cette coupe est plus nécessaire lorsque le sapin est opprimé par des essences tolérantes comme l'érable à épis, qui forme un couvert plus dense que lorsqu'il est opprimé par des essences de lumière à couvert léger tels que le cerisier, le peuplier faux-tremble et le bouleau à papier.

STRATEGIES SYLVICOLES, COUTS ET EFFETS

Un ensemble de 6 stratégies d'aménagement ont été retenues pour le sapin:

A. Coupe à blanc conventionnelle

PREREQUIS: peuplement mûr ou suranné, régénération préétablie suffisante, mode d'exploitation ou saison d'exploitation qui ne détruit pas la régénération.

REVENUS : anticipés (exprimés en cunits/acre) pour un peuplement de densité normale (volumes bruts):

TABLEAU 7

Prévision de récolte dans les sapinières
Coupe à blanc conventionnelle

Qualité de station	Age d'exploitabilité	Volume par type de peuplement (cunits/acre)		
		Sapinière pure	Sapinière à épinette noire	Sapinière à épinette rouge
1	60	35	-	42
	70	40	-	45
	80	44	-	48
2	70	32	-	32
	80	35	33	36
	90	38	36	39

De 15% à 25% des produits peuvent être destinés au sciage, le reste est utilisé comme bois à pâte.

COUTS : Coupes à blanc du MTF en 1973-74: $23.04 par cunit, avec une production de 5.0 ± 1.5 cunits par jour-homme. Abattage manuel.

B. Coupes par bandes

PREREQUIS:
- La régénération préétablie est insuffisante;
- il y a danger d'envahissement du terrain par des feuillus indésirables et des broussailles, notamment l'érable à épis (station de première qualité);
- bandes de 1 à 3 chaînes: plus la station est riche, plus les bandes sont étroites;

- risque de chablis trop grands pour appliquer les coupes progressives.

RENDEMENT ESCOMPTE : - sensiblement le même que pour A, mais en tenant compte du fait que la coupe s'étend sur approximativement 5 ans.

COUTS : - mêmes que pour A, avec en plus les frais d'entretien des chemins.

C. Coupes progressives

PREREQUIS:
- avec les peuplements partiellement écrémés, ou clairiérés;
- terrain partiellement envahi par les broussailles;
- stations de première qualité;
- là où les risques de chablis sont restreints;
- sont conçues de préférence comme une suite aux éclaircies;
- permettent de favoriser l'épinette au détriment du sapin.

RENDEMENTS ESCOMPTES:
- coupe d'ensemencement avec récolte de 35 à 45% du volume marchand à 45 ans;
- augmentation de l'ordre de 20% en diamètre et de 25% en volume, pour une durée de 15 ans par rapport à la croissance normale durant la même période;
- coupe finale à 60 ans: récolte d'un volume de bois égal à celui que comportait le peuplement à 45 ans, avant la coupe partielle;
- 70 à 80% de production de bois à pâte, 20 à 30% pour le sciage.

COUTS : - sensiblement les mêmes que pour l'éclaircie (voir stratégie D);

- rendement accru de la main-d'oeuvre à cause du nombre d'arbres limité et de la distribution plus uniforme de ceux-ci: 6 à 7 cunits par jour-homme.

D. L'option B et une éclaircie commerciale à 40 ans

PREREQUIS: - surface terrière de peuplement d'au moins 120 pi.^{2}/acre;

- la coupe enlève environ 25 à 30% du volume marchand.

COUTS : - production de 2 à 3.5 cunits par jour-homme pour un abattage manuel du type "cut and pile", d'après les travaux du MTF.

RENDEMENTS ESCOMPTES: - production brute moyenne annuelle de 90 à 100 pi.^{3}/acre, production nette de 50 à 60 pi.^{3}/acre; ceci correspond à une augmentation de 20% de la croissance en diamètre par rapport à la normale, pour la période entre la coupe d'éclaircie et la coupe finale; la production en volume augmente de 25% pour la même période;

- coupe finale effectuée à 55 ou à 60 ans. Récolte à maturité d'un volume de bois égal à 90% de celui qui comportait un peuplement identique à 55 ou 60 ans sans éclaircie.

E. L'option B ou C avec une éclaircie précommerciale à 20 ans et une éclaircie à 40 ans

PREREQUIS: - nombre de tiges compris entre 2,500 et 6,000 à l'acre à 20 ans pour une opération manuelle; lorsque le nombre de tiges à l'acre dépasse 6,000, il faut mécaniser l'opération;

- surface terrière d'au moins 120 pi.^{2}/acre à 40 ans, avant le traitement.

COUTS : - coupe précommerciale effectuée à la hache, d'après 72 projets supervisés par le MTF: fonction de production où Y est le nombre de tiges enlevées par jour-homme, X_1 est l'étendue du projet, exprimé en acres et X_2, le nombre de tiges à l'acre avant le traitement:

$$Y = 68.12771 + 0.10966X_1 + 0.13919X_2$$

$$N = 72;\quad F = 37.67;\quad R^2 = 0.52;\quad s_{\bar{y}} = 221$$

- coupe précommerciale effectuée à la hache (Doucet, 1973): fonction où Y = temps total de traitement en minutes à l'acre, X_1 = nombre de tiges à l'acre avant traitement et X_2 = nombre de tiges traitées:

$$Y = 99.35 + 0.04178X_1 + 0.4172X_2$$

$$N = 12;\quad R^2 = 0.77;\quad E = 140 \text{ min./acre}$$

- éclaircie précommerciale chimique, au moyen d'une "Hypo-Hatchet" (Doucet, 1973), mêmes variables:

$$Y = 42.22 + 0.00768X_1 + 0.1815X_2$$

$$N = 12;\quad R^2 = 0.70;\quad E = 48 \text{ min./acre}$$

- pour la coupe commerciale, coûts réduits d'environ 20% par rapport à l'option D.

RENDEMENTS ESCOMPTES:
- l'éclaircie précommerciale permet d'augmenter la croissance en diamètre de 50% sur une période de 5 ans, par rapport à un peuplement non traité; de plus, la distribution des diamètres est plus uniforme;
- éclaircie commerciale: mêmes effets qu'avec l'option D, avec en plus une augmentation du diamètre moyen de 15% par rapport à D à cause de la plus forte réduction de tiges provoquée par la coupe précommerciale.

F. L'option E, mais avec 2 éclaircies commerciales

PREREQUIS:
- peuplements productifs, sur stations de qualité 1;
- peuplements très accessibles, localisés à proximité des usines de transformation et dans les zones habitées.

COUTS :
- comme dans l'option E.

RENDEMENTS ESCOMPTES:
- éclaircie précommerciale: à 20 ans, comme dans l'option E.
- première éclaircie commerciale: 30% du volume marchand enlevé à 35 ans; augmentation de 25% du diamètre moyen sur une période de 10 ans, par rapport à celui d'un peuplement non éclairci;
- deuxième éclaircie commerciale, 20% du volume marchand enlevé à 45 ans; augmentation de 20% du diamètre moyen sur une période de 10 ans;

- coupe finale à 55 ou 60 ans; environ 400 tiges à l'acre, environ 80% du volume en sciage, 20% en bois à pâte.

N.B. En nous basant sur le résultat de certaines expériences, (Weetman et al 1975) une fertilisation, (200 livres d'azote et 100 livres de potassium à l'acre) permettrait d'ajouter en 5 ans, 4 à 5% au volume total et au diamètre moyen. Le coût d'une fertilisation aérienne s'estime à $0.03 par livre d'engrais. Une application manuelle pourrait exiger 0.3 à 0.6 jour/homme à l'acre. Le coût des engrais, qui s'est élevé sensiblement durant les dernières années, n'est pas inclus.

TABLEAU 8

TABLEAU SYNTHESE DES DIFFERENTES STRATEGIES SYLVICOLES POUR LES SAPINIERES - PEUPLEMENTS COMPLETS*

STRATEGIES	TRAITEMENTS	SITE	AGE	VOLUME MARCHAND (cunits/acre) PAR TRAITEMENT	VOLUME MARCHAND (cunits/acre) CUMULATIF	DHP MOYEN (1 po et +)	NOMBRE DE TIGES A L'ACRE AU TRAITEMENT
Option A	Coupe à blanc	I	60	35	--	7.0	730
		II	70	32	--	6.2	940
Option B	Coupe à blanc par bandes	I	55	32	--	6.5	840
			60	35	--	7.0	730
		II	65	29	--	5.9	1,040
			70	32	--	6.2	940
Option C	Coupe progressive						
	a. Coupe d'ensemencement à 35% du volume	I	45	10	10	5.3	1,190
	b. Coupe finale	I	60	28	38	7.3	580
Option D	a. Eclaircie à 25% du volume	I	40	6	6	4.6	1,520
		II	50	5	5	4.6	1,630
	b. Coupe à blanc par bandes	I	55	29	35	6.8	700
		I	60	32	38	7.3	650
		II	65	26	31	6.2	850
		II	70	29	34	6.5	830
Option E	a. Coupe précommerciale	I	15	--	--	1.9	6,000
		II	20	--	--	1.6	6,000
	b. Eclaircie commerciale-35% du volume	I	35	6	6	4.8	1,200
		II	40	5	5	3.7	1,800
	c. Coupe à blanc par bandes	I	50	29	35	6.9	630
		I	55	33	39	7.3	600
		II	60	29	34	6.2	800
		II	65	31	36	6.5	780
Option F	Variante A						
	a. Coupe précommerciale	I	15	--	--	1.9	6,000
	b. 1^{o} éclaircie-35% du volume	I	35	6	6	4.8	1,200
	c. 2^{o} éclaircie-25% du volume	I	45	6	12	6.1	680
	d. Coupe à blanc par bandes	I	60	31	43	8.3	400
		I	65	35	47	8.7	400
	Variante B						
	a. Coupe précommerciale	I	15	--	--	1.9	6,000
	b. 1^{o} éclaircie-35% du volume	I	35	6	6	4.8	1,200
	c. Coupe d'ensemencement-35% du volume	I	45	8	14	6.1	680
	d. Coupe finale	I	60	28	42	8.5	380

1976-07-15

* Peuplements renfermant autant d'arbres ou de matière ligneuse qu'il en peut normalement contenir d'après son âge, son site et les essences qui le composent.

Note: Les hypothèses qui ont permis de produire les données de ce tableau sont présentées en annexe II.

TABLEAU 9

TABLEAU SYNTHESE DES DIFFERENTES STRATEGIES SYLVICOLES POUR LES SAPINIERES A EPINETTE ROUGE - PEUPLEMENTS COMPLETS*

VARIANTE DES STRATEGIES SYLVICOLES DES SAPINIERES

STRATEGIES	TRAITEMENTS	SITE	AGE	VOLUME MARCHAND (cunits/acre) PAR TRAITEMENT	VOLUME MARCHAND (cunits/acre) CUMULATIF	DHP MOYEN (1 po et +)	NOMBRE DE TIGES A L'ACRE AU TRAITEMENT
Option B	Coupe à blanc par bandes	I	60	42	--	6.4	950
			65	45	--	6.7	870
			70	48	--	7.0	800
		II	70	32	--	6.1	940
			75	34	--	6.4	860
			80	36	--	6.7	790
Option D	a. Eclaircie à 25% du volume	I	50	9	9	5.0	1,500
		II	50	6	6	4.7	1,600
	b. Coupe à blanc par bandes	I	70	43	52	7.1	700
			75	45	54	7.2	650
			80	47	56	7.5	600
		II	70	30	36	6.5	750
			75	32	38	6.8	700
			80	34	40	7.1	650
Option F	a. Coupe précommerciale	I	15	--	--	2.0	6,000
		II	15	--	--	1.6	6,000
	b. 1° éclaircie-35% du volume	I	35	6	6	4.3	1,500
		II	35	5	5	3.8	1,750
	c. 2° éclaircie-25% du volume	I	50	10	16	6.7	700
		II	50	6	11	5.7	900
	d. Coupe à blanc par bandes	I	70	45	61	9.2	400
			75	48	64	9.2	395
			80	51	67	9.3	390
		II	70	34	45	7.5	500
			75	36	47	7.8	500
			80	38	49	8.1	500
Option F modifiée	a. Coupe précommerciale	I	15	--	--	2.0	6,000
	b. 1° éclaircie-35% du volume	I	35	6	6	4.3	1,500
	c. 2° éclaircie-25% du volume	I	50	10	16	6.7	700
	d. 3° éclaircie-20% du volume	I	70	10	26	9.2	400
	e. Coupe à blanc par bandes	I	90	50	76	11.5	250
			95	51	77	11.5	250
			100	52	78	11.5	250

* Peuplements renfermant autant d'arbres ou de matière ligneuse qu'il en peut normalement contenir d'après son âge, son site et les essences qui le composent.

Note: Les hypothèses qui ont permis de produire les données de ce tableau sont présentées en annexe II.

CHAPITRE 15 - PEUPLEMENTS DE PIN GRIS

IMPORTANCE

Le pin gris occupe une aire de distribution importante dans la province de Québec et les plus fortes concentrations se situent dans le Haut Saint-Maurice et le Nord-Ouest. On doit noter que la majorité des peuplements de pin gris sont issus d'incendies.

Le pin gris est principalement une essence pionnière ou de transition qui croît en peuplement pur ou en association avec l'épinette noire, le tremble, le bouleau à papier et même parfois, dans le sud de son aire, avec le sapin, le pin blanc et le pin rouge. L'essence croît sur des sols sableux de texture fine à grossière des sols rocheux superficiels et sur argile. Toutefois, les meilleures stations à pin gris sont les sols formés de sables fins frais à humides.

L'importance économique du pin gris peut se définir à partir de quelques données préliminaires. Manning et Grinnel (1971), d'après des données d'inventaires de 1968, estiment le volume marchand du pin gris au Québec à quelques 5,385 millions de pieds cubes, soit 5.5 pour cent du volume résineux.

Michel Tanguay (1975, communication personnelle), d'après les résultats partiels du programme décennal d'inventaire, montre que les peuplements de pin gris purs et mélangés à l'épinette noire occuperaient près de 7.7

pour cent de la superficie forestière québécoise. En ce qui concerne son utilisation, Leblanc (1973) rapporte qu'en 1968, 1.3 million de cordes de pin gris ont été utilisées, soit 12 pour cent du volume résineux exploité au Québec. Cette quantité se subdivisait en 350,000 cordes pour le sciage, 875,000 cordes pour les bois de trituration et 75,000 cordes d'autres produits.

OBJECTIFS D'AMENAGEMENT

Le pin gris peut être aménagé en vue d'une production de pâtes et de sciage, ou dans le but de maintenir des bandes de protection contre les incendies forestiers.

Le pin gris est présentement utilisé principalement pour la pâte, et cette proportion ne devrait pas diminuer à long terme vu ses dimensions relativement petites par rapport aux autres pins. Cependant un aménagement extensif peut amener une diminution des périodes de rotation et favoriser une utilisation intégrale de l'arbre. Cette récupération maximum de matière ligneuse peut être envisagée à la suite de l'introduction en forêt de machineries capables de déchiqueter les arbres à une jetée primaire.

Par ailleurs, la proportion d'utilisation du pin gris par l'industrie du sciage demeure à peu près constante. Toutefois, un aménagement intensif permettrait la plantation de semis génétiquement supérieurs. Cette amélioration génétique produirait des croissances plus rapides et fournirait une meilleure qualité de matière première en vue du sciage.

Enfin, il y a lieu de noter que certains peuplements purs de pin gris pourraient servir de moyen afin d'atteindre un objectif de protection. En effet, les peuplements qui ne produisent à maturité que 5 à 6 cordes à l'acre auraient avantage à ne pas être coupés et pourraient servir de retardant et même d'arrêt lors d'incendies forestiers dans des aires de coupe importantes.

ETABLISSEMENT DU PEUPLEMENT

L'établissement naturel du peuplement de pin gris se fait principalement après l'incendie, à cause de la nature sérotineuse de ses cônes qui ne s'ouvrent que sous des températures élevées. On a déterminé expérimentalement que la température nécessaire pour faire fondre la résine qui lie les écailles des cônes est de 50°C. Cette température est facilement atteinte lors d'un incendie forestier.

Toutefois, après les coupes à blanc cette température élevée ne peut être atteinte au niveau du sol que dans des conditions de pur ensoleillement. Une étude de Popovich, Demers et Gagnon (1970) a démontré qu'un peuplement mûr produisait environ 80,000 cônes à l'acre annuellement, ce qui est considéré entièrement suffisant pour régénérer une superficie. Toutefois, des études de régénération après coupe montrent que le coefficient de distribution du pin gris varie entre 10 et 40 pour cent. Il y a lieu de penser que les conditions des lits de germination ne sont pas toujours favorables à la germination des graines et à la survie des semis de pin gris dans les parterres de coupe.

La germination des graines de pin gris est relativement peu exigeante. Le contenu en humidité des graines doit être de 10 à 20 pour cent et l'autre condition requise est une exposition à la lumière. Il semble que les meilleurs lits de germination soient les sols minéraux de texture fine préparés par un scarifiage ou un brûlage, un certain degré d'humidité et un ensemencement légèrement sous la surface du sol. La croissance des 3 ou 4 premières années est lente et exige un peu d'humidité et d'ombrage. Toutefois, des déchets de coupe très épais et une forte concurrence de broussailles sont nuisibles à la survie des semis. Après cette période initiale d'installation le pin gris présente une croissance accélérée.

Il convient de noter que certains peuplements naturels de pin gris, notamment dans la région de Chibougamau, sont infestés par le chancre sclérodérrien. Il est possible que le brûlage des arbres infestés puisse empêcher localement la propagation du chancre.

TYPES DE PEUPLEMENT

Les principaux types de peuplement de pin gris ont été décrits par Lafond et Ladouceur (1967). On peut les grouper en quatre (4) qualités de station. On note que presque tous les peuplements de pin gris sont issus d'incendies.

Les peuplements sur stations de 1ère qualité forment des mélanges de pin gris avec le tremble ou le bouleau à papier. On y rencontre aussi du sapin et, dans le sud-ouest de la province, du pin blanc et du pin rouge. Ceux de 2ième qualité forment en général des pinèdes pures ou des mélanges de pin gris et d'épinette noire.

Les peuplements de pin gris établis sur des stations de 3ième et 4ième classes de fertilité sont souvent purs, mais comportent parfois un sous-étage d'épinette noire. Le sol est d'ordinaire sec, sablonneux et de texture grossière. Ces peuplements sont clairiérés et leur production n'atteint qu'environ 5 cunits/acre à 60 ans. A cause de la nature délicate de certains sols et des difficultés d'obtenir de la régénération naturelle après la coupe, les peuplements les plus pauvres devraient être protégés: on ne devrait y prescrire aucune coupe.

NORMES MINIMALES DE REGENERATION

Les normes de régénération généralement acceptées pour le pin gris sont assez basses à cause des difficultés de régénérer cette essence. On estime que, 5 ans après la coupe, la distribution doit être d'au moins 50% et que le nombre de semis doit dépasser 700 à l'acre. Comme la distribution est la plupart du temps inférieure à 50% après la coupe à blanc, on recommande l'exécution de travaux de scarifiage et d'ensemencement artificiel. Après ces travaux, la distribution devrait cependant atteindre 70%.

TRAITEMENTS SYLVICOLES

Les traitements préconisés sont la coupe à blanc par blocs et par bandes, le scarifiage, l'ensemencement artificiel, la plantation, l'éclaircie et la fertilisation. Accessoirement et d'une manière expérimentale, on pourrait ajouter le brûlage et l'emploi des sylvicides dans certaines stations.

COUPE A BLANC PAR BLOCS OU PAR BANDES

Les vieux peuplements de pin gris devraient être coupés à blanc par blocs de forme irrégulière et d'étendues de 15 à 25 acres. Cette modification aux méthodes habituelles offre une meilleure protection du sol contre l'érosion, permet l'obtention de lits de germination plus favorables et peut contribuer à réduire l'ampleur des incendies dans les aires de coupe récentes.

Dans les stations où le terrain est très sec, on recommande la coupe par bandes. La largeur suggérée des bandes est de 300 à 600 pieds. Il peut y avoir plusieurs séries de bandes qui seront coupées sur une période de 10 à 15 ans. Lorsque la régénération n'est pas satisfaisante, on doit envisager des traitements additionnels comme le scarifiage, l'ensemencement artificiel ou la plantation.

SCARIFIAGE

Le scarifiage se pratique après la coupe à blanc au moyen de chaînes ou de barils traînés par un tracteur. Il sert à épandre les débris de coupe et à exposer le sol minéral. Le coût de l'opération a varié entre $20 et $35 l'acre en 1975, avec une productivité de 1.5 à 3.0 acres à l'heure.

Cette opération s'effectue soit en vue de l'installation de la régénération naturelle, soit comme mesure préparatoire au reboisement sous forme d'ensemencement aérien ou de plantation. Les "brûlés" récents de pin

gris insuffisamment régénérés peuvent être scarifiés en vue de l'installation d'une régénération naturelle en prenant avantage des graines viables contenues dans les cônes des houppiers laissés sur le parterre de la coupe. Dans les "bûchés" non régénérés de plus de 2 ans, les graines ont perdu leur viabilité de sorte qu'il faut avoir recours au reboisement.

ENSEMENCEMENT

Depuis quelques années, un appareil suédois appelé Bracke permet de scarifier et d'ensemencer en une même opération. Le Bracke peut préparer et ensemencer 2000 acres de terrain par année et a une vie utile de 10 ans.

Le coût de cette opération combinée varie de $15 à $20 l'acre, avec une productivité de 2 à 4 acres par heure. Le coût de la semence est d'environ $0.34 pour 1,000 semences viables et on suggère d'épandre au moins 10,000 semences à l'acre afin d'obtenir un coefficient de distribution supérieur à 70%. Le coût total de l'opération varie donc de $18 à $23 l'acre en 1975.

Lorsque les étendues à reboiser en pin gris sont importantes, il est plus rapide de procéder par voie aérienne. Le coût de location d'un hélicoptère fut de $2.00 l'acre en 1975. On recommande de semer 25,000 semences à l'acre dans le cas d'une opération aérienne: le coût total d'une telle opération revient à $11 l'acre. Le principal inconvénient de cette méthode est le fait qu'elle exige 2 fois plus de graines que le Bracke pour obtenir une distribution semblable des semis. L'ensemencement aérien requiert d'ordinaire un scarifiage préalable effectué avec les chaînes ou les barils et le succès est fonction de l'intensité de la scarification.

PLANTATION

Les aires de coupe non régénérées et localisées dans les régions habitées devraient être reboisées à l'aide de semis de pépinière. Cette méthode de reboisement assure la remise en valeur prompte et adéquate d'un terrain momentanément improductif.

Les coûts de plantation manuelle et mécanique de 1,000 semis à l'acre étaient respectivement de $65. et $45. à l'acre en 1975. Le coût de production des semis de pin gris 2-0 en pépinière était de $34. le mille plants. Ainsi, le coût total du traitement est estimé à $79. l'acre pour la plantation mécanique et $99. pour l'opération manuelle. Ces deux modes de plantation résultent, au bout de trois ans, en un nombre de semis installés de près de 850 à l'acre. La mortalité après trois ans s'élève en moyenne à 25% pour la plantation mécanique et à 35% pour la plantation manuelle.

L'utilisation de semences provenant de vergers à graines ou de peuplements semenciers, de même qu'une classification qualitative des semis lors de l'emballage à la pépinière pourraient réduire ces taux de mortalité et permettre une diminution du nombre de plants mis en terre. Après 22 ans d'observations, au Michigan, Goodman et Cooley (1970) ont déterminé qu'un espacement initial de neuf pieds sur neuf pieds était optimal pour le pin gris. Des résultats similaires sont indiqués dans l'étude économique des plantations de pin gris par Brillant et al. (1975).

ECLAIRCIE

L'éclaircie du type précommercial peut être appliquée aux peuplements de pin gris âgés de 10 à 20 ans, comportant moins de 6,000 tiges à l'acre et établis dans des stations de qualité 1 et 2. On suggère une opération mécanisée sous forme de bandes, tel que pratiqué au Manitoba et en Ontario. En utilisant une scie circulaire pour traiter un peuplement de 9 ans, Riley (1973) a obtenu une production de 3.93 heures-homme à l'acre et un coût de $16 l'acre en 1973.

L'éclaircie du type commercial convient particulièrement à certains peuplements de pin gris avec un sous étage d'épinette noire: la récolte de pins permet en effet de dégager l'épinette. D'après le Service de la Restauration du MTF, la productivité de la main-d'oeuvre varie de 2.50 à 2.75 cunits par jour-homme pour ce genre de traitement.

FERTILISATION

La fertilisation des peuplements de pin gris est encore expérimentale et les résultats obtenus jusqu'à maintenant sont sujets à révision. Ceux du projet interprovincial de fertilisation en forêt naturelle indiquent un accroissement quinquennal additionnel de 1.33 cunits en volume marchand dans les peuplements de pin gris de 40 à 55 ans de l'Ontario et du Québec. Le meilleur traitement comprend l'application de 200 livres à l'acre d'azote et 100 livres à l'acre de potassium. Les caractéristiques des places-témoins et traitées après 5 ans sont les suivantes: diamètre moyen de 5.74 et 5.87 pouces, surface terrière de 117 et 122 pieds carrés à l'acre, volume total

de 3063 et 3204 pieds cubes et volume marchand de 2588 et 2721 pieds cubes respectivement (Weetman et Krause, 1975).

Par ailleurs, les installations en Saskatchewan du projet interprovincial de fertilisation en forêt naturelle montrent que l'application de 200 livres à l'acre d'azote et 100 livres à l'acre de potassium donnerait de meilleurs résultats dans les peuplements de pin gris et épinette noire âgés de 85 ans. Les différentes caractéristiques du peuplement après 5 ans se présentent comme suit pour les parcelles-témoins et traitées: diamètre de 4.55 et 4.68 pouces, surface terrière de 147 et 157 pieds carrés à l'acre, volume total de 3119 et 3368 pieds cubes et volume marchand de 2162 et 2378 pieds cubes respectivement (Weetman et Krause, 1975).

ETABLISSEMENT DE ZONES D'AMENAGEMENT

En considération du fait que le pin gris est important surtout dans l'ouest du Québec où il occupe une aire considérable, nous avons délimité 3 zones où différentes intensités d'aménagement pourraient être pratiquées:

- la zone du sud du Québec, comprenant certains secteurs habités et incluse dans la forêt mélangée: cette zone s'étendrait jusque vers Mont-Laurier et serait aménagée plus intensivement. En effet, au sud de l'aire du pin gris existe une présence importante de centres habités de même qu'une proximité d'usines de pâte et papier. La plantation y est possible en raison de la disponibilité d'une main-d'oeuvre assez abondante.

- la zone centrale, s'étendant depuis Mont-Laurier jusqu'à Chibougamau. Cette zone se distingue par la présence de nombreuses usines de sciage dans la partie ouest; toutefois, le secteur est se caractérise par l'absence de centres habités. Les stratégies proposées constituent un compromis entre un aménagement intensif et un aménagement extensif. On y ferait surtout de l'ensemencement artificiel, avec le Bracke ou par voie aérienne, et peu de plantations;

- la zone du nord, c'est-à-dire celle située au-delà du 50e parallèle de latitude: l'aménagement y serait extensif.

STRATEGIES SYLVICOLES, COUTS ET EFFETS

Sur la base du zonage précédemment défini, (4) stratégies sylvicoles sont proposées:

A. Coupe à blanc par blocs

- blocs de 15 à 25 acres;
- dans la zone extensive au nord du 50e parallèle de latitude;
- possibilité de scarifiage (suivi d'un ensemencement naturel à partir des débris de coupe porteurs de cônes) lorsque la régénération est insuffisante et que le "bûché" est récent.

B. Coupe à blanc par blocs ou bandes suivie de scarifiage

- blocs de 15 à 25 acres ou bandes de 300 à 600 pieds de largeur;
- surtout dans la zone centrale;

- scarifiage (suivi d'un ensemencement naturel à partir des débris porteurs de cônes) lorsque la régénération est insuffisante et que le "bûché" est récent;
- possibilité d'y pratiquer l'ensemencement aérien pour augmenter la distribution des semis;
- possibilité d'employer les herbicides pour contrôler les carex, prêles et aulnes dans certaines stations;
- scarifiage:- a coûté $20 à $35 l'acre en 1975; productivité de 1.5 à 3.0 acres/heure;
  - obtention d'une distribution de la régénération variant de 40% à 67% suivant les projets;
  - permet de raccourcir la révolution de 10 ans.

C. Coupe à blanc par blocs ou bandes, suivie de scarifiage et d'ensemencement artificiel

- blocs de 15 à 25 acres ou bandes de 300 à 600 pieds de largeur;
- dans la zone centrale et celle du sud;
- scarifiage suivi d'un ensemencement aérien, ou opération combinée avec le Bracke;
- possibilité d'une éclaircie précommerciale entre 10 et 20 ans lorsque le nombre de tiges à l'acre excède 5,000 et d'une éclaircie commerciale à 40 ans;
- scarifiage et ensemencement avec le Bracke: productivité de 2 à 4 acres/heure ; obtention d'une distribution de la régénération variant de 37% à 72%, suivant les projets;
- ensemencement aérien: coût de $14/acre en 1975, obtention d'une distribution de la régénération variant de 40% à 60%, suivant les projets;

- éclaircie précommerciale: $16/acre en 1973; productivité de 0.25 acre/heure; accroissement annuel en diamètre de 0.04 pouce/année additionnel;
- éclaircie commerciale: productivité de 2.50 à 2.75 cunits/jour-homme; permet de récupérer le pin gris et de dégager l'épinette.

D. Coupe à blanc par blocs ou bandes suivie de plantation

- blocs de 15 à 25 acres ou bandes de 300 à 600 pieds de largeur;
- dans la zone du sud;
- plantation précédée d'un scarifiage, si nécessaire;
- utilisation de plants génétiquement améliorés si possible;
- possibilité d'une éclaircie à 40 ans, surtout avec le type pin gris-épinette noire;
- possibilité de fertilisation à 40 ans, surtout si une production de sciage est envisagée;
- plantation manuelle: $99/acre, mécanisée: $79/acre, incluant le coût de production des plants. Avec le pin gris, il reste en moyenne 850 plants installés à l'acre au bout de 3 ans.
- fertilisation à 40 ans: 1.3 cunits/acre de plus après 5 ans.

TABLEAU 10

TABLEAU SYNTHESE DES DIFFERENTES STRATEGIES SYLVICOLES POUR LES PINERAIES A PIN GRIS - PEUPLEMENTS COMPLETS*

STRATEGIES	TRAITEMENTS	SITE	AGE	VOLUME MARCHAND (cunits/acre) toutes essences PAR TRAITEMENT	VOLUME MARCHAND (cunits/acre) toutes essences CUMULATIF	DHP MOYEN (1 po et +)	NOMBRE DE TIGES A L'ACRE AU TRAITEMENT
Option A	Coupe à blanc par blocs	I	50	27	27	6.3	580
		II	60	22	22	5.9	550
		III	60	17	17	5.3	700
Option B	Option A suivi de scarifiage - seconde révolution idem option A						
Option C	Option B et ensemencement artificiel - seconde révolution idem option A						
Option D	Option A ou B suivi d'une plantation - seconde révolution voir tableau synthèse du pin gris en plantation						
Option D modifiée	Variante A						
	a. Eclaircie commerciale	I	30	6	6	4.1	800
		II	40	8	8	4.4	890
	b. Coupe finale	I	40	19	25	5.9	510
		II	50	12	20	5.5	420
	Variante B						
	a. Eclaircie commerciale et fertilisation	I	30	6	6	4.1	800
		II	40	8	8	4.4	890
	b. Coupe finale	I	40	21	27	6.1	540
		II	50	15	23	5.7	420

* Peuplements renfermant autant d'arbres ou de matière ligneuse qu'il en peut normalement contenir d'après son âge, son site et les essences qui le composent.

Note: Les hypothèses qui ont permis de produire les données de ce tableau sont présentées en annexe II.

CHAPITRE 16 - LES PEUPLEMENTS DE PEUPLIER FAUX-TREMBLE

CARACTERISTIQUES BIOPHYSIQUES

Le peuplier faux-tremble, principal constituant avec le bouleau blanc des peuplements de feuillus boréaux, se rencontre dans toutes les provinces canadiennes. Il s'accommode de sols variés, bien que sa croissance soit meilleure sur des sols limoneux humides et bien drainés. Au Québec, il existe des peuplements de tremble dans toutes les régions; cependant, d'après Maini et Cayford (1968), l'aire optimale du tremble se situe dans le nord-ouest.

Le tremble est partout une essence pionnière et provient habituellement d'incendies, de coupes à blanc ou d'anciennes cultures. Comme il supporte mal l'ombre, les conifères et les feuillus plus tolérants lui succèdent généralement. Enfin, la croissance du tremble peut être très rapide ou plus lente suivant la qualité des stations où il se développe.

CARACTERISTIQUES ECONOMIQUES

D'après une étude (Anon., 1975c) sur les prévisions de consommation du bois de peuplier, la consommation du peuplier en 1973 a été de 210,000 cunits, soit environ 3% du total des matières fibreuses primaires. Les bois d'essences résineuses ont constitué 90% de la consommation, les autres feuillus ne représentant que 7%. Par conséquent, le peuplier représentait 29% des matières fibreuses provenant d'essences feuillues.

Actuellement, le volume productif total en croissance du peuplier serait d'environ 44,800,000 cunits avec une possibilité annuelle totale de 901,000 cunits pour la province, soit 2% du stock sur pied. Régionalement, ce sont les régions du Nord-Ouest, du Saguenay-Lac St-Jean, de l'Outaouais, du Bas Saint-Laurent et de Trois-Rivières qui sont les plus importantes au point de vue de la possibilité de coupe. On estime par ailleurs qu'environ 80% des peuplements de peuplier au Québec sont à maturité ou ont dépassé ce stade.

La même étude constate qu'en fonction de l'utilisation actuelle du bois de peuplier, seuls les bois destinés à faire de la pâte ont un avenir. Pour le déroulage, l'industrie québécoise est peu développée et possède peu de chances d'y parvenir. On estime enfin que le sciage n'a d'avenir que dans le contexte d'une rareté de bois d'autres essences.

OBJECTIFS D'AMENAGEMENT

En vertu de leur dynamique, les tremblaies peuvent être traitées suivant l'un ou l'autre des objectifs suivants:

- les conserver dans leur état de tremblaie en vue de produire des fibres;
- les faire évoluer vers le terme de leur série évolutive: on obtiendra alors la plupart du temps un peuplement de sapin, parfois de bouleau blanc.

ORIGINE ET DEVELOPPEMENT DES PEUPLEMENTS

Les peuplements de tremble sont issus, soit de drageons, soit de semis à partir de graines.

TREMBLAIES ISSUES DE DRAGEONS

Ces peuplements issus de coupe devraient être aménagés sur de courtes révolutions de 15 à 25 ans, parce qu'ils sont plus susceptibles à la carie que ceux issus de graines. Une coupe à blanc à cet âge, suivie d'un scarifiage léger, favorise la formation de nouveaux drageons. Remarquons que tous les drageons provenant d'un même arbre, qu'il soit mâle ou femelle, forment un clône. Tous les individus d'un même clône, sont génétiquement identiques et possèdent des caractéristiques semblables.

TREMBLAIES ISSUES DE GRAINES

Ces peuplements sont en général issus d'incendies. Ils peuvent être traités soit pour régénérer le tremble, soit pour favoriser leur évolution. Dans ce dernier cas, nous devons connaître certaines règles et principes généraux (Gagnon et Grandtner, 1973). La position du peuplement dans sa propre série évolutive doit être prise en considération. Selon Blouin (1964) trois (3) positions sont possibles pour le peuplement de transition dans sa série évolutive. On distingue:

1) la position inférieure, lorsque la régénération n'est pas suffisamment établie;

2) la position intermédiaire, lorsque la régénération est suffisante et a atteint le stade de gaulis;

3) la position supérieure, lorsque l'essence principale du peuplement envisagé comme terme de la série évolutive est parvenue au niveau de l'étage supérieur du peuplement.

TYPES DE PEUPLEMENT

Les principaux types de peuplement sont la tremblaie pure, la tremblaie à bouleau à papier et la tremblaie à sapin:

TREMBLAIE PURE

La tremblaie pure, définie par la codification du Service des Inventaires du MTF, est un peuplement où le peuplier occupe plus de 50% de la surface terrière d'un peuplement mûr. La régénération (arbres de moins de 3.6 pouces) n'est pas considérée pour définir la strate. Ces tremblaies peuvent représenter les positions inférieure et intermédiaire d'une série évolutive. En ce sens, il est inutile de les décrire écologiquement, parce que leur évolution est liée à la fois à l'origine du peuplement et à son terme.

TREMBLAIE A BOULEAU A PAPIER

C'est un peuplement feuillu où domine le tremble accompagné de bouleau à papier dans l'étage supérieur. D'après Lafond et Ladouceur (1967),

ces peuplements de transition s'établissent après un incendie ou dans les étendues défrichées. Leur évolution est difficilement prévisible; ces auteurs émettent l'hypothèse d'une évolution à long terme vers la sapinière.

Ces peuplements renferment parfois des conifères, notamment l'épinette blanche, le sapin et le pin blanc qui présentent une excellente croissance.

TREMBLAIE A SAPIN

Ce type de peuplement mélangé comporte dans l'étage supérieur, outre le tremble et le bouleau à papier, du sapin et de l'épinette. La régénération se fait principalement en sapin. Ces peuplements semblent évoluer vers un mélange de bouleau à papier, sapin et épinette blanche: en effet, à mesure que le peuplement vieillit, de nouveaux bouleaux s'installent dans les ouvertures.

TRAITEMENTS SYLVICOLES

Les principaux traitements applicables aux peuplements de tremble sont l'éclaircie, les coupes progressives, la coupe à blanc et le scarifiage.

ECLAIRCIE

L'éclaircie devrait être pratiquée seulement avec les peuplements issus d'incendie. La première intervention, par le haut, peut être appliquée

vers l'âge de 10 ans, lorsque les jeunes trembles mesurent 12 à 20 pieds de hauteur. Pour obtenir une croissance accélérée et diminuer l'incidence de caries et de chancres, auxquels le tremble est très susceptible, il faut éclaircir fortement et s'assurer que les cimes des arbres ne se touchent pas. Par ailleurs, la présence d'un sous-étage se révèle bénéfique pour conserver l'humidité du sol et maintenir un bon élagage naturel.

Pour obtenir le maximum d'accroissement en surface terrière lors d'éclaircies successives, Steneker et Jarvis (1966) suggèrent de conserver une surface optimale relative comme suit:

AGE	% DE LA SURFACE TERRIERE A GARDER
10	64
20	56
30	60
40	74
50	83

Il est avantageux de choisir pour un aménagement intensif des clones constitués d'arbres vigoureux et sains. Certains clones ne s'étendent que sur moins d'une acre, tandis que d'autres peuvent couvrir plusieurs dizaines d'acres.

Les principales maladies du tremble sont la carie blanche du coeur et le chancre hypoxylonien. Elles ont pour principal effet d'empêcher les trembles d'atteindre les diamètres recherchés pour la production de bois d'oeuvre. Conséquemment, sans un aménagement approprié, le débouché est normalement le bois à pâte, lorsqu'il existe un marché. Lors de l'éclaircie le marquage des arbres à couper devrait d'abord porter sur les arbres malades et défectueux. Apparemment, le chancre hypoxylonien se développerait

davantage dans les peuplements voisins des terres cultivées (Lavallée, communication personnelle).

COUPES PROGRESSIVES

Ces coupes sont pratiquées dans les peuplements de tremble destinés à évoluer vers des résineux ou d'autres feuillus. Elles ont pour objectif de créer des ouvertures dans le couvert de tremble, soit par la coupe, soit par l'annelage ou l'empoisonnement, afin de faciliter l'installation ou le développement de la régénération de résineux ou de feuillus. Le badigeonnage des souches de tremble avec du 2,4-D permet au besoin d'éviter la formation des rejets de cette essence.

COUPE A BLANC

La coupe à blanc par blocs ou par bandes s'applique aux peuplements de tremble issus de drageons et qui doivent être régénérés en tremble après une courte révolution.

SCARIFIAGE

Un léger scarifiage à la suite d'une coupe à blanc favorise le drageonnement du tremble lorsqu'on désire régénérer cette essence.

STRATEGIES SYLVICOLES

Cinq (5) stratégies sylvicoles sont proposées sur la base des

facteurs suivants:

- l'objectif d'aménagement, à savoir si l'on désire reproduire le tremble ou laisser le peuplement évoluer vers le résineux ou d'autres feuillus;
- l'origine du peuplement, à savoir si celui-ci est issu de drageons ou de graines;
- la position du sous-étage de résineux ou d'autres feuillus par rapport au tremble, dans le cas où on laisse évoluer le peuplement.

A. Coupe à blanc par blocs ou bandes à 15 ou 25 ans

- dans le cas des tremblaies issues de drageons et aménagées en vue de reproduire le tremble;
- aménagement par courtes révolutions en vue de la production de fibre (procédé au sulphate, pâte Kraft, cartonneries); utilisation du volume total de la tige;
- la coupe devrait être suivie d'un léger scarifiage permettant de favoriser le drageonnement;
- aucune donnée disponible sur les coûts;
- rendements escomptés d'après Le Goff et al. (1975) pour des stations de 1ère et de 2ième qualités respectivement: 15 et 12 cunits/acre de volume total à 15 ans, 22 et 18 cunits/acre à 20 ans et 27 et 23 cunits/acre à 25 ans (extrapolations);
- d'après R. Doucet (communication personnelle), volume total de 11 cunits/acre en moyenne à 15 ans, avec un diamètre moyen de 1.8 pouce et 4,000 tiges/acre;

- une fertilisation à l'urée permettrait vraisemblablement d'augmenter la production de fibres de 30% à 50%.

B. Coupe à blanc par blocs ou bandes à 40 ans

- dans le cas des tremblaies issues de graines et aménagées en vue de reproduire le tremble;
- aménagement par courtes révolutions (40 ans maximum) en vue de la production de fibres;
- la coupe devrait être suivie d'un léger scarifiage pour favoriser le drageonnement;
- coûts de récolte semblables à ceux du sapin; scarifiage dans les bandes environ $20/acre;
- rendements escomptés d'après Le Goff et al. (1975) pour des stations de 1ère et 2ième qualités respectivement: 41 et 35 cunits/acre de volume total, 29 et 20 cunits/acre de volume marchand, 4 pouces et plus à 40 ans. Tous les produits livrés comme bois à pâte.

C. Coupe à blanc par blocs ou bandes avec reboisement

- dans le cas des tremblaies issues de graines, qu'on désire faire évoluer vers un peuplement de résineux ou d'autres feuillus, mais dont la régénération de ces essences est insuffisante (position inférieure dans la série);
- cas d'une tremblaie mûre ou surannée comme le sont la majorité des tremblaies;
- la coupe à blanc devrait être suivie d'une application de sylvicides sous forme de badigeonnage des souches pour prévenir la formation de rejets et le drageonnement;

- planter ensuite une essence adaptée à l'écologie et pour laquelle il existe un marché dans la région;
- coûts: pour la coupe, même que l'option B; scarifiage, comme avec l'option B; badigeonnage des souches, 3 à 5 acres par jour-homme, plus le coût du sylvicide;
- rendements escomptés: comme avec l'option B.

D. Coupe de dégagement (Eclaircie jardinatoire)

- dans le cas de tremblaies issues de graines, qu'on désire faire évoluer vers un peuplement de résineux ou d'autres feuillus, et dont le sous-étage qu'ils constituent est bien développé et parfois de valeur marchande (position intermédiaire ou supérieure dans la série);
- implique la liquidation des vieux trembles en une seule opération;
- éclaircie simultanée possible dans le sous-étage de résineux ou d'autres feuillus;
- coûts: production de 2 à 3.5 cunits par jour-homme avec un abattage manuel et système "cut and pile";
- rendements escomptés: variables, dépendant de l'âge, du volume brut et de l'état de santé du tremble, ainsi que de la densité et du degré de développement du sous-étage. Production de bois à pâte seulement.

E. Culture intensive du tremble

- avec les tremblaies issues de graines (origine d'incendie);
- sur les stations de tremble de meilleure qualité et aussi avec le peuplier baumier;
- en vue de produire des billes de sciage et de déroulage;

- éclaircie du type précommercial à 10 ans, suivie de 2 éclaircies avec récupération de bois à pâte à 20 et 30 ans respectivement, puis coupe à blanc à 40 ans;
- coupe précommerciale: 7.2 heures/acre; commerciale: 23.9 heures/acre comme temps moyens d'exécution (Anonyme 1975e);
- effets: l'éclaircie précommerciale permet de doubler le diamètre moyen du peuplement; les éclaircies suivantes l'augmentent d'environ 50%. Rendements escomptés d'après Le Goff et al (1975) pour des peuplements de densité normale à 40 ans: 5 cunits/acre de copeaux et 25 cunits/acre de billes de sciage ou déroulage.

TABLEAU 11

TABLEAU SYNTHESE DES DIFFERENTES STRATEGIES SYLVICOLES POUR LES TREMBLAIES - PEUPLEMENTS COMPLETS *

STRATEGIES	TRAITEMENTS	SITE	AGE	VOLUME EN CUNIT A L'ACRE VOLUME MARCHAND PAR TRAITEMENT	VOLUME MARCHAND CUMULATIF	VOLUME TOTAL PAR TRAITEMENT	VOLUME TOTAL CUMULATIF	DHP MOYEN (1 po et +)	NOMBRE DE TIGES A L'ACRE AU TRAITEMENT
Option A	Coupe à blanc par blocs ou bandes	I	15	--	--	15	--	2.1	3,500
			20	--	--	22	--	2.8	2,600
			25	--	--	27	--	3.4	2,000
		II	15	--	--	12	--	1.9	3,500
			20	--	--	18	--	2.5	2,900
			25	--	--	23	--	3.1	2,250
Option A modifiée	a. Fertilisation	I	0	--	--	--	--	--	--
		II	0	--	--	--	--	--	--
	b. Coupe à blanc par blocs ou bandes	I	15	--	--	22	--	3.1	3,500
			20	--	--	30	--	3.9	2,600
			25	--	--	35	--	4.4	2,000
		II	15	--	--	18	--	2.8	3,500
			20	--	--	25	--	3.5	2,900
			25	--	--	30	--	4.0	2,250
Option B	Coupe à blanc par bandes ou blocs	I	40	29	29	41	41	5.4	1,000
		II	45	24	24	38	38	5.0	1,100
		III	50	18	18	33	33	4.6	1,100
Option C	Option B et reboisement - conversion du peuplement - seconde révolution voir tableau synthèse de l'essence reboisée								
Option D	Coupe de dégagement - fonction du peuplement secondaire								
Option E	a. Eclaircie précommerciale	I	10	--	--	3	3	1.4	4,800
		II	12	--	--	3	3	1.5	4,600
	b. 1^{o}éclaircie	I	20	3	3	5	8	4.5	825
		II	22	3	3	5	8	4.3	875
	c. 2^{o}éclaircie	I	30	5	8	7	15	6.9	375
		II	33	5	8	7	15	6.5	400
	d. Coupe à blanc	I	40	25	33	35	50	8.8	275
		II	45	20	28	30	45	8.3	300

* Peuplements renfermant autant d'arbres ou de matière ligneuse qu'il en peut normalement contenir d'après son âge, son site et les essences qui le composent.

Note: Les hypothèses qui ont permis de produire les données de ce tableau sont présentées en annexe II.

CHAPITRE 17 - LES PEUPLEMENTS DE FEUILLUS NORDIQUES

IMPORTANCE

Les forêts de feuillus nordiques, qui sont composées principalement de l'érable à sucre et du bouleau jaune, ont au Québec une importance supérieure à ce que leur étendue laisse supposer. En effet, ces forêts sont localisées dans la partie méridionale de la province, où habitent la majorité des gens. Depuis fort longtemps, elles ont servi à produire du bois d'oeuvre de qualité. Elles constituent en outre un excellent habitat pour la faune sauvage, notamment le chevreuil, et possèdent un potentiel élevé pour les fins recréatives et esthétiques.

Ces forêts renferment une grande variété d'essences aussi bien résineuses que feuillues, en particulier le bouleau jaune. Le Québec à lui seul renferme plus de la moitié du volume net de bouleau jaune destiné au sciage en Amérique du Nord, soit 18.1 milliards de pmp sur un total de 34.5 milliards, et environ 70% de celui du Canada qui s'élève à 25.9 milliards (Babcock et Kenneth, 1969).

CARACTERISTIQUES DES PEUPLEMENTS ET DU MILIEU

Ces peuplements, où domine généralement l'érable à sucre, sont typiquement des forêts climaciques, parvenues au terme d'une succession. Ce sont des forêts feuillues ou mélangées composées d'arbres longévifs, assez résistants aux vents en vertu de leur système racinaire bien développé et produisant à intervalles périodiques d'énormes quantités de semences.

Dans les peuplements qui renferment une forte proportion d'érable à sucre, cette essence occupe généralement une place importante dans l'étage supérieur et domine au niveau de la régénération. Très souvent, elle est si agressive qu'elle en vient à prendre la place de toutes les autres essences.

A cause de leur grande tolérance de l'ombre, de leur facilité de rejeter de la souche et de leur agressivité, la plupart de ces essences sont capables de s'installer sur une grande variété de terrains qui ne sont pas nécessairement propices à l'obtention de sujets de forte croissance et de bonne qualité. En fait, on peut dire qu'une majorité des terrains où croissent les feuillus nordiques, comme les sommets ou les hauts versants des collines à sol souvent superficiel, ne conviennent pas à leur culture. L'érable à sucre et d'autres feuillus y sont présents, souvent dominants, parce qu'ils ont pu s'y installer facilement dans les ouvertures créées par les coupes.

Les stations propices à la culture de ces feuillus sont des terrains bien drainés possédant un sol fertile, profond et frais. Ces sols sont idéalement des schistes, du calcaire et d'autres roches sédimentaires altérées qui enrichissent le sol. En certains endroits, malgré la fertilité moyenne des sols, ceux-ci ont acquis avec le temps une bonne texture et un contenu élevé en matière organique qui favorisent la croissance.

Par ailleurs, certaines régions possèdent un climat froid qui convient peu à ces feuillus, tandis que dans d'autres localités, une faible proportion des terrains sont bien drainés. Parfois aussi, un fort contenu

du sol en fer se révèle défavorable: le fer enrobe les particules de sol et diminue la capacité d'échange, produisant ainsi des déficiences minérales qui contribuent à la mauvaise croissance et à la pauvre qualité des feuillus nordiques.

La plupart des peuplements des feuillus nordiques sont vieux et d'allure inéquienne. Ils sont souvent dépourvus de matériel de qualité, surtout le bouleau jaune, à la suite des "coupes sélectives" et des "coupes à diamètre-limite" qui y ont été pratiquées depuis longtemps, et dont certaines ressemblent à un écrémage.

DEVELOPPEMENT DU PEUPLEMENT

Les graines de l'érable à sucre deviennent mûres durant l'été et commencent à se disperser au milieu d'août. Seulement la moitié des samares produites parviennent à maturité, mais celles qui mûrissent possèdent un taux de germination de 95% et leur viabilité dure une année. La germination ne se produit qu'après une stratification de 3 semaines par le froid (température inférieure à 30^{o}C.). La production de semences débute vers 50 ans et augmente en quantité à mesure que l'arbre s'accroît. Les bonnes années semencières se produisent à tous les 2 à 5 ans. Une peuplement mûr d'érable peut produire 4 millions de semis à l'acre durant une bonne année semencière.

Chez le bouleau jaune, la graine mûrit vers la fin de l'été et la dispersion débute en automne pour se poursuivre tout l'hiver. La graine de bouleau jaune est la plus minuscule de toutes nos essences feuillues, à l'exception de celle du bouleau blanc. La production de semences débute vers 40

ans et le maximum est atteint après 70 ans. Les bonnes années semencières surviennent en moyenne à tous les 3 ans. La viabilité des graines atteint 60% à 70% durant les bonnes années semencières, mais baisse à 10% ou moins durant les mauvaises années. La dispersion s'effectue par le vent sur des distances ne dépassant pas en général 2 fois la hauteur des arbres. Cependant, la dispersion hivernale sur la neige peut s'effectuer à des distances considérables.

L'érable à sucre rejette de souche abondamment tandis que le bouleau jaune le fait rarement.

Une litière non décomposée de feuilles d'érable à sucre constitue un mûr infranchissable pour les racines de la plupart des semis d'essences forestières, à l'exception du sapin et de l'érable. Toute accumulation de feuilles d'érable doit donc être enlevée, soit par scarifiage, soit par brûlage, pour permettre aux racines des semis d'atteindre les couches organiques ou le sol minéral et assurer l'installation de la régénération. Une acidité excessive, une trop forte humidité et de basses températures retardent la décomposition de l'humus brut. A moins que celle-ci ne se fasse rapidement, il faut scarifier le sol là où on désire une régénération autre que l'érable, dans les endroits où celui-ci est déjà abondant.

Une fois les semis installés, leur survie dépend des ouvertures qui sont créées dans le couvert foliacé. La lumière permet en effet aux semis de développer leur système racinaire et de croître plus rapidement. Le degré d'ouverture est fonction de la tolérance à l'ombre des essences qui forment la voûte foliacée. Normalement, les régénérations les mieux

développées d'essences d'ombre, comme l'érable à sucre, se rencontrent sous des couverts foliacés composés d'essences moins tolérantes à l'ombre qu'elles-mêmes. Parfois aussi, une essence d'ombre s'établit dans les ouvertures d'un couvert de même essence.

Le bouleau jaune est très exigeant aux points de vue de l'humidité du sol et de la lumière: lorsque ces 2 facteurs sont disponibles, il peut surpasser l'érable à sucre. En 10 ans, si les conditions précitées demeurent favorables, il aura surmonté le framboisier et après 20 ans il sera venu à bout du cerisier; son diamètre atteindra 2 pouces et sa hauteur 20 à 30 pieds. Une fois l'établissement assuré, certaines tiges de bouleau jaune vont manifester une dominance qui va aller en s'accentuant, même en l'absence de traitements appropriés. On attribue ce phénomène au développement des racines qui est accentué grâce aux conditions de lumière améliorées survenant dans les ouvertures, précisément là où le bouleau jaune s'installe. Ajoutons que le bouleau jaune possède un système racinaire plus superficiel que l'érable à sucre.

Comme chez les autres feuillus, le taux le plus élevé de croissance en hauteur a lieu durant les 20 premières années; par la suite, le taux diminue. La croissance en diamètre du bouleau jaune est relativement faible, atteignant en moyenne 1 pouce par décennie; cependant, elle peut être doublée dans les peuplements éclaircis.

Le bouleau jaune requiert non seulement de la lumière, mais aussi une humidité suffisante pour maintenir sa position concurrentielle dans le peuplement: pour cette raison, on le rencontre surtout sur les bas versants à sol bien drainé.

ETAT DE SANTE

L'état de santé de l'érable à sucre et du bouleau jaune, les essences principales des peuplements de feuillus nordiques, est affecté par divers champignons, en particulier ceux qui engendrent la carie et les chancres, par les insectes et certains animaux dont le chevreuil.

Les principaux agents sont les champignons de carie et les chancres. Les champignons de carie sont particulièrement actifs dans le bois de coeur de l'érable. Ils font rarement mourir l'arbre, mais le rendent pratiquement inutilisable. Ils sont associés aux décolorations et pénètrent dans l'arbre par l'intermédiaire de chicots de branches et de blessures au tronc. Les points d'entrée sont en général les gélivures, les chicots morts, les blessures d'exploitation et les infections aux racines. Les principaux agents de carie sont Fomes ignarius, qui produit une carie blanche avancée chez les arbres surannés et Pholiota spectabilis, qui produit une carie brune, aussi bien chez l'érable que le bouleau. De plus, l'érable est affecté aussi par Polyporus glomeratus, une carie brune, tandis que le bouleau l'est sévèrement par Stereum murraii, une autre carie brune.

Le seul insecte qui puisse causer des dommages sérieux dans ces peuplements est la mineuse de l'érable (Glycobius speciosus). Divers insectes défoliateurs peuvent causer des dommages apparents, mais en général les feuillus résistent bien à une défoliation, même lorsqu'elle survient durant plusieurs années consécutives. A la longue cependant, les arbres deviennent affaiblis et sont endommagés par des champignons ou des insectes secondaires.

Le bouleau jaune, contrairement à l'érable, est sujet au broutage par le chevreuil. Lorsque ce dernier est bien dispersé, les dommages sont souvent légers et ne mettent pas en danger le développement de la régénération. Cependant, si la population de chevreuils est autorisée à augmenter à la suite par exemple d'un interdit de chasse, la régénération du bouleau jaune pourra en souffrir. On estime que des peuplements de feuillus nordiques de bonne venue peuvent supporter une population d'environ 10 chevreuils au mille carré.

OBJECTIF D'AMENAGEMENT

L'objectif principal d'aménagement est la production continue de billots de déroulage et de sciage de qualité à partir des meilleures stations. Là où existent des marchés, il peut y avoir production de bois à partir des résidus d'exploitation et des coupes d'éclaircie.

Des objectifs secondaires, mais néanmoins importants, résident dans la création et l'amélioration d'habitats pour le chevreuil, dans l'établissement de réserves à des fins de préservation et dans l'aménagement esthétique le long des grand-routes et des principales voies d'eau, dans les parcs et les zones récréatives.

Une attention spéciale doit être apportée à la localisation des chemins de débusquage, des jetées et des routes forestières, particulièrement en terrain accidenté et avec les sols sujets à l'érosion.

NORMES MINIMALES DE REGENERATION

La régénération est considérée comme satisfaisante lorsque, 5 à 10 ans après la coupe, il existe au moins 5,000 tiges d'essences de valeur commerciale avec une distribution minimale de 80%. Elle est insatisfaisante lorsque le minimum de densité ou de distribution n'est pas atteint. Elle est un échec lorsque la distribution des tiges d'essences commerciales est inférieure à 50%.

TRAITEMENTS SYLVICOLES

Les principales méthodes de coupe recommandées avec les feuillus nordiques sont la coupe à diamètre minimum d'utilisation, là où les conditions de terrain sont difficiles; la coupe à blanc par bandes et le jardinage par bandes dans des situations plus faciles où l'on désire régénérer le bouleau jaune. Ces deux dernières méthodes doivent normalement être suivies du scarifiage. Lorsqu'un aménagement intensif est possible, des techniques telles que les coupes de dégagement et d'amélioration, l'éclaircie et la fertilisation peuvent être appliquées. L'option du jardinage par pied d'arbre n'a pas été retenue pour les forêts publiques aménagées en vue de la production de bois. Cette méthode pourrait s'appliquer d'une façon limitée à des forêts urbaines ou celles qui visent avant tout un aménagement récréatif et esthétique.

COUPE A DIAMETRE MINIMUM

Cette option est retenue pour des conditions difficiles de terrain,

comme les sommets, les hauts versants et les pentes abruptes. On exploite alors toutes les tiges de 12 pouces à la souche comportant au moins une bille de sciage. Cette façon de faire comporte souvent un certain gaspillage de bois, mais les conditions de terrain sont telles qu'il est rarement possible d'y retourner pour une autre coupe commerciale: on exploite donc le maximum possible de bois sans toutefois nuire à la qualité de la station et à la protection du site. Aucune pratique intensive n'est obligatoire et la prochaine coupe peut avoir lieu dans 90 ou 100 ans, ce qui correspond à la révolution.

COUPE A BLANC PAR BANDES

Cette méthode, en général plus satisfaisante que la précédente, s'applique lorsque les conditions de terrain sont faciles: par exemple, sur les bas versants et les pentes légères.

Le principal objectif de cette méthode consiste à réaliser l'efficacité dans la production du bois et à produire une forêt bien organisée. Idéalement, la forêt devrait être subdivisée en parcelles et en assiettes de coupe et jouir d'une bonne accessibilité. La méthode est applicable lorsqu'il existe un marché pour les bois à pâte, puisqu'elle requiert l'exploitation de tous les bois commercialement utilisables. Il est cependant recommandé de laisser sur pied un certain nombre d'arbres dépourvus de valeur marchande dans les bandes comme mesure de protection de la station, du moins jusqu'à ce que la régénération soit installée.

La méthode des coupes par bandes est très favorable à l'amélioration de l'habitat de la faune sauvage car elle pourvoit à de nombreuses bordures de peuplement. Les aires de régénération, en effet, ne sont pas concentrées en quelques blocs de vaste étendue, mais elles sont dispersées à travers la forêt et les opérations de récolte sont réparties sur plusieurs décennies. De cette façon, le chevreuil est assuré d'un abri au moment où les derniers peuplements mûrs sont exploités.

L'étage de plantes ligneuses en régénération qui s'installe après la coupe convient aux petits animaux, aux oiseaux et aux gélinottes, qui sont tous des animaux des lisières de forêts.

Lorsqu'on désire régénérer le bouleau jaune en particulier, il est nécessaire d'extraire au moins 80% du couvert principal lors des opérations de coupe. Lorsque celles-ci sont complétées, il importe de se débarrasser des arbres de mauvaise qualité laissés sur place en les abattant ou en les empoisonnant.

Les bandes devraient avoir environ 100 pieds de largeur au maximum. Idéalement, on devrait s'efforcer de préserver l'humidité du sol en ajustant la largeur des bandes. Ainsi, sur les versants exposés au sud et à l'ouest, la largeur des bandes pourrait être réduite à une cinquantaine de pieds.

Les coupes devraient progresser contre les vents prédominants afin de favoriser l'ensemencement naturel. Les bandes adjacentes peuvent être coupées lorsque la régénération est installée dans les bandes coupées.

F3

Ce stade est normalement atteint sur une période de 5 à 10 ans ou lorsque la régénération mesure 6 pieds de hauteur avec une distribution de 80%.

La largeur des bandes détermine jusqu'à un certain point les caractéristiques du nouveau peuplement. Ainsi, pour régénérer le bouleau jaune, les bandes doivent être un peu plus larges que lorsqu'on désire régénérer une essence d'ombre comme l'érable à sucre. Néanmoins, quelle que soit la largeur des bandes, il y aura inévitablement dans le nouveau peuplement un mélange d'essences qui reflétera la position des bandes par rapport à la source de semences, à la profondeur et à l'humidité du sol ainsi qu'à l'exposition.

JARDINAGE PAR BANDES

Cette méthode est plus intensive que la précédente et doit être réservée à des stations idéalement localisées, tant du point de vue écologique qu'économique, pour la production de bouleau jaune de qualité. Au lieu de couper le vieux peuplement sur une période de 5 à 10 ans, comme dans la coupe à blanc par bandes, on exploite "à blanc étoc" une bande sur 5, par exemple, à tous les 20 ans, en pratiquant à chaque fois une éclaircie dans les bandes adjacentes. Le peuplement prend ainsi une allure inéquienne par bandes, grâce à des rotations de 20 ans. Tous les autres avantages de la méthode précédente sont conservés.

SCARIFIAGE

Le scarifiage est une technique sylvicole destinée à assurer une

régénération rapide et satisfaisante. L'installation d'une régénération de n'importe quelle essence dépend de l'interaction des facteurs suivants: la source de semences, le type de lit de germination et les conditions de lumière.

L'érable à sucre ne requiert aucune mesure spéciale de scarifiage: d'ordinaire, il s'installe facilement et en abondance.

Le bouleau jaune produit une bonne récolte de semences en moyenne à tous les 3 ans. Les opérations de scarifiage devraient être pratiquées dans les endroits localisés à une distance maximale de 150 pieds d'une source de semences.

Le scarifiage doit être pratiqué immédiatement après les opérations de coupe. Il doit être d'autant plus intense que les opérations de coupe n'auront pas réussi à exposer une grande proportion du sol minéral. Le scarifiage doit être effectué lorsque la surface du sol est quelque peu desséchée, afin d'assurer un bon mélange d'humus et de sol minéral sur environ 15% à 20% de la superficie.

L'équipement normalement affecté aux travaux de scarifiage comprend un tracteur muni d'une lame droite à l'avant: cette opération permet de mélanger efficacement l'humus et le sol minéral. Lorsque les broussailles sont abondantes, on peut ajouter des dents à la lame du tracteur afin de les sectionner et les déraciner. Cette opération de scarifiage exige beaucoup d'habileté de la part des opérateurs de machinerie: en

effet, seule la surface du sol doit être perturbée, et l'on doit éviter de creuser des tranchées!

COUPES DE DEGAGEMENT ET D'AMELIORATION

Ces traitements ont pour but de diriger le développement de la régénération. Après la coupe du vieux peuplement, la régénération d'érable à sucre survient facilement et, pourvu que le sol soit perturbé, celle du bouleau jaune et des autres essences aussi. Mais le développement de cette régénération est souvent empêché soit par les broussailles, soit par les tiges résiduelles d'un diamètre de 1 à 5 pouces et d'une hauteur de 10 à 30 pieds des essences d'ombre, telles que l'érable à sucre et le hêtre, qui sont laissées sur pied durant l'exploitation. Lorsque ces tiges résiduelles de mauvaise qualité sont trop abondantes et que les arbres d'avenir ne sont pas assez nombreux pour former un peuplement, ou encore lorsque la croissance en hauteur de ces derniers a été ralentie par la concurrence des premiers, il convient de prescrire une coupe de dégagement ou d'amélioration. Par contre, lorsqu'il existe un nombre suffisant d'arbres de bonne qualité pour constituer un peuplement, on ne doit pas prescrire de traitement avant que ces arbres n'aient atteint une hauteur marchande d'au moins 24 pieds. En effet, le couvert de la régénération doit demeurer fermé pour favoriser la croissance en hauteur et assurer le développement d'une forme désirable.

ECLAIRCIE

La première éclaircie, qui est en général du type précommercial,

permet de choisir et de dégager les arbres d'avenir, c'est-à-dire ceux qui seront favorisés et conservés jusqu'à la coupe finale. On doit désigner environ 150 arbres bien espacés de cette catégorie à l'acre, de préférence des arbres d'un diamètre d'au moins 7 pouces, car l'expérience a montré que les individus plus petits sont plus sujets à former des branches gourmandes.

Une éclaircie effectuée à mi-révolution, c'est-à-dire vers 50 ans, permet de récupérer des bois à pâte et, dans les meilleures stations, quelques petites billes de sciage. Un traitement à 30% devrait produire une réaction suffisante au maintien d'un taux de croissance acceptable.

Un peuplement qui aurait subi ces 2 éclaircies ne devrait plus renfermer de tiges défectueuses.

Pour l'aménagement intensif de l'érablière à bouleau jaune, on devrait viser l'obtention, à l'âge de maturité, soit vers 90 ans, d'un mélange constitué de 75% d'érable à sucre, 10% de bouleau jaune et 15% d'autres essences. Le nombre total de tiges à l'acre devrait passer de 5,000 à l'âge de 10 ans à 1,000 à 30 ans, 600 à 50 ans, 300 à 70 ans et 180 à 90 ans, la proportion des érables augmentant et celle des bouleaux diminuant avec l'âge.

La bétulaie jaune, qui est le groupement idéal pour la culture du bouleau jaune, devrait renfermer à maturité, c'est-à-dire vers 90 ans, 35% de bouleau jaune, 50% d'érable à sucre et 15% d'autres essences. Les nombres de tiges devraient évoluer avec l'âge comme pour l'érablière à bouleau.

Les bouleaux jaunes présents dans la sapinière à bouleau jaune n'offrent pas le potentiel pour la production de sciages et ne doivent pas être traités à cette fin.

AUTRES TECHNIQUES

Dans l'état actuel de la sylviculture des feuillus, les techniques suivantes sont purement expérimentales:

- la fertilisation: seule la fertilisation en azote peut être recommandée dans certains cas particuliers (M. Roberge, communication personnelle);
- l'ensemencement artificiel en bouleau jaune: peut se faire manuellement sur un sol perturbé;
- la plantation de bouleau jaune: n'est pas recommandée après la coupe des vieux bois, par suite d'échecs répétés;
- la plantation de conifères: lorsqu'on désire remplacer des feuillus de mauvaise qualité par une régénération résineuse.

STRATEGIES SYLVICOLES, COUTS ET EFFETS

Basées sur les considérations précédentes, 4 stratégies sylvicoles sont proposées. On y indique de plus les conditions écologiques et de terrain dans lesquelles elles peuvent s'appliquer, de même que leurs coûts et leurs effets probables:

A. Coupe à diamètre minimum d'utilisation (coupe à diamètre-limite)

- avec des conditions de terrain difficiles (sommets, hauts et moyens versants, pentes abruptes);
- avec des conditions écologiques défavorables à la culture intensive des feuillus de qualité (érablière à hêtre, bétulaie jaune à sapin);
- implique la coupe de tous les arbres de 12 pouces et plus à la souche, quelle qu'en soit l'essence, qui comportent au moins une bille de sciage;
- possibilité de récupérer des bois à pâte (houppiers) s'il existe un marché localement;
- afin d'éviter un véritable écremage, l'intensité de coupe ne devrait pas dépasser 30% (sur la base du volume marchand 4 pouces et plus); sinon, il est préférable de couper à blanc;
- aucune pratique intensive n'est obligatoire;
- la période de coupe est d'une année; la rotation, qui se confond avec la révolution, est d'environ 100 ans.

B. Coupe à blanc par bandes

- avec des conditions de terrain faciles (bas versants, pentes légères);
- avec des conditions de peuplements favorables (diamètre moyen élevé, régénération satisfaisante);
- conditions de station (ou écologiques) favorables aux feuillus, sans représenter toutefois les stations les meilleures (érablière à bouleau jaune, bétulaie jaune);
- bandes alternes d'une largeur variant de 50 à 100 pieds au maximum, orientées suivant la pente;

- le vieux peuplement est exploité par bandes durant une période s'étendant sur 5 à 10 ans;
- implique la coupe de tous les arbres de 4 pouces et plus au dhp pouvant être utilisés comme billes ou comme bois à pâte;
- les gros arbres feuillus inutilisables devraient être coupés en même temps que les autres; sinon, repasser dans quelques années, les couper et les laisser sur place; on peut aussi les anneler ou les empoisonner;
- lorsqu'on désire régénérer le bouleau jaune, on doit scarifier 30 à 40% du parterre des bandes coupées;
- possibilités de pratiquer des traitements intensifs, par exemple une éclaircie commerciale à 50 ans, pour augmenter la proportion de bouleau jaune, améliorer sa qualité et augmenter sa croissance: enlever à cet âge le tiers du volume marchand peut produire une augmentation d'environ 30% du diamètre moyen et du tiers de la production en volume des arbres de 4 pouces et plus au dhp, soit environ 8 cordes/acre.

C. Jardinage par bandes

- avec des conditions de terrain faciles (bas versants, pentes légères);
- avec diverses conditions de peuplement;
- les conditions écologiques et économiques les plus favorables: bas versants, sols fertiles, humides et profonds, bonne accessibilité, voies d'accès, marché pour le bois d'oeuvre et les bois à pâte, etc.);
- 5 bandes progressives d'une largeur de 50 à 100 pieds au maximum, orientées suivant la pente; une bande est coupée à blanc à tous les 20 ans, des éclaircies étant pratiquées simultanément dans les autres bandes;

- le vieux peuplement est ainsi exploité par bandes durant une période d'une centaine d'années; il acquiert une allure inéquienne favorable à l'obtention d'un rendement soutenu et à la pratique d'un aménagement intensif. Par ailleurs, la disposition par bandes favorise une organisation rationnelle des opérations sylvicoles, notamment le scarifiage;
- implique, comme pour l'option B, la coupe de tous les arbres de 4 pouces et plus au dhp pouvant être utilisés comme billes ou comme bois à pâte;
- les gros arbres feuillus inutilisables devraient être coupés en même temps que les autres; sinon, repasser dans quelques années, les couper et les laisser sur place; on peut aussi les anneler ou les empoisonner;
- lorsqu'on désire régénérer le bouleau jaune, on doit scarifier 30 à 40% du parterre des bandes coupées;
- cette méthode implique la pratique de traitements à intervalles réguliers, par exemple à tous les 20 ans: à 20 ans, une coupe d'amélioration, puis des éclaircies successives à 40, 60 et 80 ans; coupe finale vers 100 ans.

La dernière éclaircie à 80 ans pourrait être menée conjointement avec une fertilisation azotée ou remplacée par celle-ci. Chacune de ces interventions, à l'exception de la première, peut produire une augmentation de 30% du diamètre moyen et de la production en volume des arbres de 4 pouces et plus au dhp, soit environ 8 cordes/acre.

- manque de données au sujet des coûts.

D. Coupe à blanc suivie de plantation

- dans les meilleures conditions écologiques (voir option C);
- plantation de feuillus ou de résineux devant constituer une "banque d'arbres" en cas de hausse subite de la demande;
- des recherches sylvicoles devront être effectuées avant que l'on puisse préciser les modalités d'application et déterminer les effets.

En raison du manque de tables de rendement adéquates pour les feuillus nordiques, nous ne présentons pas de tableau synthèse.

CHAPITRE 18 - LES PEUPLEMENTS ARTIFICIELS

L'établissement de peuplements artificiels est parfois nécessaire lorsque des étendues ne se régénèrent pas naturellement à la suite de coupes, de feux ou de cultures agricoles. En effet, aucun délai dans l'installation de la régénération ne doit être toléré sur les terrains à vocation forestière situés dans la zone intensive de production ligneuse si l'on veut obtenir une utilisation maximale.

Ce chapitre comprend trois (3) parties:

A. Une estimation des coûts et des revenus des diverses opérations liées à la plantation d'arbres forestiers.

B. Des suggestions relatives au choix des essences en fonction des zones climatiques et de facteurs physiographiques et pédologiques.

C. La détermination des stratégies sylvicoles applicables aux peuplements artificiels en regard aux objectifs poursuivis.

A. Première partie: Estimation des coûts et des revenus

Les diverses opérations sylvicoles liées à la plantation sont: la préparation du terrain, la production de semis à racines libres, la production de semis en récipients, le plantage et le dégagement.

1. La préparation du terrain

La principale méthode de préparation du terrain, préalablement au plantage, est le scarifiage du sol. Les autres méthodes, telles que le

brûlage et le drainage, sont présentement au stade expérimental.

Le scarifiage effectué en vue de la plantation manuelle consiste à enlever ou à diminuer certains obstacles nuisibles à la plantation ainsi qu'à mélanger la matière organique et la matière minérale. Cette méthode est surtout employée dans les étendues exploitées pourvues de débris de coupe abondants et dans les étendues incendiées envahies par les broussailles.

Les appareils communément utilisés sont les barils avec chenilles de tracteur à l'arrière et les barils avec chaînes d'ancre. Ces deux scarificateurs créent des sillons qui permettent d'accélérer les travaux de plantage manuel. Suivant les difficultés du terrain, on utilise les barils à vide ou remplis d'eau. Depuis l'été 1974, cependant, on a substitué les chaînes d'ancre aux chenilles de tracteur: on obtient de cette façon une meilleure distribution des débris de coupe.

Le scarifiage doit être effectué à l'automne qui précède le plantage proprement dit, car si le terrain est préparé trop longtemps à l'avance, il peut être envahi par une végétation herbacée ou arbustive, surtout si le sol est riche.

Les principaux avantages du scarifiage effectué préalablement au plantage sont les suivants:

- il permet de reboiser des étendues qui autrement devraient être laissées de côté à cause de l'abondance des débris;
- il augmente la productivité de la main-d'oeuvre affectée au plantage;

- il augmente le taux de survie des plants.

Le scarifiage ne comporte aucun inconvénient majeur quant au sol lorsqu'il est employé dans les endroits qui nécessitent un tel traitement, car alors son coût est justifié.

D'après Dancause (1975), les tracteurs à chenilles requis pour ce genre de travail doivent posséder une puissance variant entre 180 à 200 H.P.. Le rendement est fonction de cette puissance, de la nature du terrain à scarifier ainsi que de son étendue. Ce rendement varie de 1.5 à 3.0 acres à l'heure pour les barils avec chenilles et de 1.5 à 2.5 acres à l'heure pour les barils avec chaînes d'ancre. Le coût varie entre $20 et $35 l'acre, quel que soit l'appareil.

Le principal revenu tiré de cette opération est la possibilité de reboiser des étendues qu'il faudrait laisser se régénérer en essences non marchandes.

Le brûlage est très peu utilisé présentement au Québec, par suite des conditions climatiques défavorables et surtout à cause de son effet destructeur s'il dépasse les limites prescrites.

Cette méthode peut être utilisée lorsque la température le permet et lorsque la nature des débris motive ce traitement. Le brûlage s'avère la méthode la moins coûteuse de préparer le terrain. Le coût varie de $4 à $12 l'acre, suivant l'étendue à brûler et la quantité de débris.

Quant aux revenus, en ce qui concerne une croissance supérieure des semis plantés, peu de données sont disponibles. Veilleux (1972) a observé

que le brûlage a stimulé l'activité biologique dans le sol, accélérant ainsi le processus de minéralisation et la perte d'éléments essentiels par lessivage.

Le drainage de certains terrains organiques et minéraux pourrait devenir une préparation du sol intéressante, lorsqu'on voudra augmenter la possibilité de coupe. Cependant, face au coût assez élevé de cette méthode et le peu de connaissances acquises sur le développement de plantations de ce type au Québec, cette méthode n'est pas utilisée.

En Finlande, cette méthode est pratiquée depuis plusieurs années, car leurs coupes annuelles atteignent la possibilité. Ce pays se devait donc de récupérer des territoires improductifs. La première étape a consisté à classifier les terrains tourbeux selon des critères écologiques et les possibilités de drainage. A partir de cette classification, on a alors entrepris le drainage de certaines catégories de tourbières. Ce drainage consiste à creuser quelques canaux principaux et ensuite un réseau de petits canaux afin de drainer seulement quelques pouces de profondeur. Les Finlandais, travaillant avec des essences à enracinement superficiel, ont conclu qu'il était seulement nécessaire de drainer superficiellement le terrain à planter.

2. La production de semis à racines libres

Les coûts de production des semis diffèrent suivant les essences et la période de temps nécessaire à la production. On a présenté au tableau 4A de la page 91 les coûts de production des semences et des semis prêts pour le reboisement.

D'après Côté (1976), les coûts de production de 1,000 semis variaient entre $34 et $72 en 1975. Ces coûts incluent les semences, les différentes opérations en pépinière et les frais d'immobilisation. Ils sont corrigés pour la mortalité.

Les diverses essences sont produites sur des périodes de temps différentes. Ces intervalles sont considérés comme optima en ce qui concerne le comportement des semis après la plantation.

3. Le plantage proprement dit

Présentement, le plantage des semis se fait manuellement ou mécaniquement à l'aide de trois (3) types de planteuses selon la nature du terrain.

Sur les terrains à pente trop forte ou sur les superficies trop rocheuses, on utilise la plantation manuelle précédée ou non d'un scarifiage. Cette méthode a coûté $65 à l'acre en 1975. Le rendement moyen des planteurs pour les 5 dernières années a été de 595 plants par jour-homme avec une erreur standard de l'estimation de 20 plants par jour-homme.

Les planteuses mécaniques opèrent d'après un principe général identique. Le choix de l'un ou de l'autre type dépend des conditions prévalant sur les terrains à reboiser.

On utilise le modèle "Crank Axle" sur les terrains encombrés d'essences indésirables peu denses et sur des sols rocailleux dépourvus de souches et ayant des pentes allant jusqu'à 30%. Le tracteur place sa lame régulière

en position oblique. Ce tracteur sur chenilles doit posséder une puissance variant entre 90 et 110 H.P.. D'après la compilation des rendements par heure des 5 dernières années pour le modèle "Crank Axle", soit 34 observations, le rendement moyen est de 741 plants par heure d'opération avec une erreur standard de l'estimation de 33 plants par heure. Une analyse des données disponibles a permis d'établir la régression suivante:

$$Y = 957.0406 - 21868.4266/X$$

$$R = 0.69$$

où Y est le rendement exprimé en nombre de plants par heure et X est le nombre de plants total planté par machine en unités de 1,000 plants. L'erreur standard de l'estimation est de 24 plants par heure. En Ontario, une étude de Riley (1975) montre que le rendement varie entre 628 et 688 plants par heure opérationnelle et entre 656 et 892 par heure productive.

Sur les terrains très encombrés de débris après feu ou après coupe, ou d'essences indésirables très denses, on utilise le même modèle mais le tracteur sur chenilles est muni d'une lame en "V". La puissance du tracteur doit être entre 110 et 130 H.P.. D'après 29 observations des 5 dernières années, le rendement moyen est de 758 plants par heure d'opération, avec une erreur standard de l'estimation de 51 plants par heure. L'analyse de régression a permis d'établir l'équation suivante:

$$Y = 186.1001 \; X0.3157$$

$$R = 0.70$$

où Y est le rendement exprimé en nombre de plants à l'heure et X est le

nombre de 1,000 semis total planté par machine. L'erreur standard de l'estimation est de 43 plants par heure.

Sur les terrains abandonnés par l'agriculture et où la topographie est accidentée (pente de 10% à 20%), on utilise le modèle "Standard". Cette planteuse requiert un tracteur sur chenilles dont la puissance varie entre 35 et 60 H.P.. En se référant à 23 observations pour la période de 1969 à 1974, le rendement moyen est de 579 plants par heure avec une erreur standard de l'estimation de 43 plants par heure. La mise en équation de ces mêmes observations a permis d'obtenir la régression suivante:

$$Y = 326.0067 \quad E^{0.0098X}$$

$$R = 0.73$$

où Y est le rendement en nombre de plants à l'heure et X le nombre de 1,000 plants à planter par machine. L'erreur standard de l'estimation est de 34 plants par heure.

Enfin, dans le cas de terres cultivées abandonnées, le modèle utilisé est de type "Tractor Mounted". Dans ce cas, le rendement moyen de 34 observations est de 736 plants par heure, avec une erreur standard de l'estimation de 51 plants par heure. Les données disponibles n'ont pas permis d'établir une relation entre le rendement et la quantité de semis à reboiser.

Les revenus espérés de ces différentes méthodes de plantation ne peuvent être exprimés qu'en terme de taux de survie des semis. Ainsi, on

suggère, pour la plantation manuelle, de planter 1,200 semis à l'acre pour obtenir quelque 850 semis installés à l'acre après 3 ans. Ceci correspond à un taux de survie de 75%. En ce qui concerne la plantation mécanique, le taux de survie est de 85% et on suggère de planter quelque 1,000 semis à l'acre.

4. La production de semis en récipients

Depuis quelques années, le Québec a entrepris un programme de développement en ce qui concerne la production et la plantation de semis en récipients.

Il est présentement trop tôt pour donner les coûts de production et les taux de survie. Toutefois, ailleurs au Canada, quelques études ont déjà été complétées. Grainger (1975) et Ferdinand, Kay et Hellum (1975) présentent un coût de production variant entre $23 et $30 pour 1,000 semis et un taux de survie moyen après 2 ans sur le terrain de 75%. Vyse et Ketcheson (1975) indique le coût moyen de production de tous les systèmes utilisés au Canada, est de $22, le coût de transport est de $5 et le plantage de $40 pour 1,000 semis. D'après des études de temps, la productivité lors du plantage est de 1,250 semis par jour-homme; avec une densité de 700 semis à l'acre, il en résulterait un coût de $67 l'acre pour l'ensemble des opérations. Des études devront être complétées avec une plantation mécanisée.

5. Le dégagement

Les rendements escomptés pour les plantations ne seront atteints que si elles n'ont pas à subir une trop forte concurrence de la part de

la végétation arbustive ou arborescente. Il y aurait donc lieu de suivre le développement des plantations et d'effectuer un ou des dégagements, lorsque nécessaire. Ces traitements pourront consister entre autres en l'application manuelle ou aérienne de sylvicides. En 1974, le Service de la Restauration Forestière a effectué un dégagement de plantation à l'aide d'un arrosage aérien par hélicoptère. On a alors appliqué un mélange de 48 onces de 2,4,5-T en émulsion dans 8 gallons d'eau. La superficie arrosée était de 2,000 acres et le coût à l'acre a été de $24.50.

B. Deuxième partie: Le choix des essences à reboiser

Dans tout reboisement, les principaux facteurs à considérer sont les objectifs de la plantation, les conditions du sol, les insectes et les maladies d'importance ainsi que les exigences spécifiques des essences.

Cette partie traite spécialement du choix des essences en fonction de la physiographie et de la nature des sols, pour chacune des trois (3) zones: la zone de la pessière au nord, la zone de la sapinière et enfin la zone du sud du Québec.

Au point de vue physiographique, nous allons distinguer quatre (4) positions: sommet et haut versant, moyen versant, bas versant et platière, ainsi que quatre (4) classes de pente: raide, modérée, douce et nulle. Le sol sera caractérisé par son épaisseur, sa texture, son drainage et son origine. Le sol sera très mince (moins de 1 pied d'épais-

seur), mince (1 à 3 pieds) ou profond (plus de 3 pieds), le drainage sera caractérisé par cinq (5) classes (excessif, bon, imparfait, pauvre ou saturé), la texture sera légère, bonne ou lourde et l'origine sera morainique ou autre. Dans la zone du sud, nous allons considérer les sols riches de même que les sols appauvris (ces derniers par certaines pratiques agricoles la plupart du temps).

1. Sommets et hauts versants

Ces endroits sont en général caractérisés par un sol mince, à bonne texture, à drainage excessif et d'origine morainique. Dans ces conditions, on peut recommander de planter le pin gris et l'épinette noire dans la zone de la pessière, le pin gris dans la zone de la sapinière et diverses essences comme le pin rouge, le pin gris, le pin blanc, le pin sylvestre et le mélèze européen dans la zone du sud sur sol riche. En terrain pauvre, on devra se limiter au pin gris.

2. Moyens versants

Les moyens versants sont caractérisés par un sol mince, à bonne texture et bon drainage et d'origine morainique. Dans la zone de la pessière on pourra planter le pin gris, le mélèze laricin, l'épinette noire et l'épinette blanche. Dans la zone de la sapinière, les essences suivantes peuvent être prises en considération: tous les pins, le mélèze laricin, les épinettes et même le sapin. Dans la zone du sud, là où le sol est riche et profond, on peut ajouter à cette liste les peupliers hybrides et les autres essences feuillues.

3. Bas versants

Sur les bas versants, nous distinguons les sols profonds, humides, morainiques, de bonne texture et à drainage passable et les autres sols, ces derniers pouvant être légers et secs ou bien lourds et mouilleux.

Sur sol morainique, on pourra planter dans la zone de la pessière des essences comme l'épinette noire, l'épinette blanche, le pin gris et le mélèze laricin, le mélèze européen, les épinettes (y compris l'épinette de Norvège), les pins, le sapin de même que les peupliers hybrides. Dans la zone du sud, on pourra planter le même choix d'essences, en donnant toutefois la préférence aux épinettes par rapport aux pins et la préférence à l'épinette de Norvège par rapport aux autres épinettes.

Lorsque le sol est léger et sec, on devra planter le pin gris et le pin sylvestre dans la zone de la pessière, ces mêmes essences et le pin blanc, le pin rouge et les mélèzes dans la zone de la sapinière et, dans un ordre de préférence décroissant, le pin blanc, le pin rouge, le mélèze laricin, le mélèze européen, le pin sylvestre et le pin gris dans la zone du sud. Par contre, avec les sols lourds humides à mouilleux, on pourra planter l'épinette noire, le mélèze laricin, l'épinette blanche, le pin sylvestre et le pin gris dans la zone de la pessière, le mélèze laricin, l'épinette noire, l'épinette blanche et le pin sylvestre dans la zone de la sapinière et, plus au sud, le mélèze laricin, les mélèzes introduits, les peupliers et l'épinette noire.

4. Platières

En général, on pourra également trouver des sols profonds, morainiques, mouilleux, de bonne texture mais à mauvais drainage, de même que des sols non morainiques qui peuvent être soit légers, soit lourds.

Sur les sols morainiques de la zone de la pessière, la plantation portera sur l'épinette noire, le mélèze laricin et éventuellement le pin gris; dans la zone de la sapinière, le choix s'étendra aux peupliers hybrides moyennant un drainage préalable. Dans la région du sud, la plantation sur ce type de sol est peu recommandable en raison de la nécessité de drainer le terrain au préalable.

Sur les sols légers et secs, le choix des essences sera le même que sur les bas versants. Par contre, dans la zone du sud, on trouve des terrains sableux humides, par exemple les sables marins de Villeroy, de Lotbinière, etc... Ces sols conviennent bien aux mélèzes, aux pins blancs et, avec une préparation du terrain convenable, au plantage de boutures et de plants de peupliers.

Sur les sols argileux, le choix des essences sera semblable à celui déterminé pour les bas versants.

Il convient d'ajouter qu'il reste encore beaucoup d'essais à faire pour déterminer les chances de réussite de plusieurs des essences précitées dans des conditions de milieu déterminées.

TABLEAU 12

CHOIX DES ESSENCES A REBOISER EN FONCTION DE LA PHYSIOGRAPHIE, DE LA NATURE DU SOL ET DE LA ZONE GEOGRAPHIQUE

PHYSIOGRAPHIE	SOL				ZONE		
					NORD		SUD
	Epaisseur	Texture	Drainage	Origine	Domaine	Essences à planter (1)	Sol riche (1)
Sommets et hauts versants	Mince	Bonne	Excessif	Morainique	Pessière	Pin gris Epinette noire	Pin rouge Pin gris Pin blanc
					Sapinière	Pin gris	Pin sylvestre Mélèze européen Pin gris sur sol pauvre
Moyens versants	Mince	Bonne	Bon	Morainique	Pessière	Pin gris Mélèze laricin Epinette noire Epinette blanche	Les pins Les mélèzes Les épinettes Les peupliers hybrides Autres feuillus
					Sapinière	Les pins Mélèze laricin Les épinettes Sapin baumier	
Bas versants	Profonde	Bonne	Passable	Morainique	Pessière	Epinette noire Epinette blanche Pin gris Mélèze laricin	Les mélèzes Epinette de Norvège Les autres épinettes Les pins Les peupliers hybrides
					Sapinière	Mélèze laricin Mélèze européen Les épinettes Les pins Sapin baumier Peupliers hybrides	
		Légère	Bon	Morainique Fluvio-glaciaire	Pessière	Pin gris Pin sylvestre	Pin blanc Pin rouge Mélèze laricin Mélèze européen Pin sylvestre Pin gris
					Sapinière	Pin gris Pin sylvestre Pin blanc Pin rouge Mélèzes	
		Lourde	Pauvre	Morainique	Pessière	Epinette noire Mélèze laricin Epinette blanche Pin sylvestre Pin gris	Mélèze laricin Mélèze introduit Peupliers Epinette noire
					Sapinière	Mélèze laricin Epinette noire Epinette blanche Pin sylvestre	
Platières	Profonde	Bonne	Pauvre	Morainique	Pessière et sapinière	Epinette noire Mélèze laricin Pin gris	Peu recommandable à cause du drainage
					Sapinière seulement	Peupliers hybrides + drainage	
		Légère	Bon	Morainique Fluvio-glaciaire	Pessière	Pin gris Pin sylvestre	Pin blanc Pin rouge Mélèze laricin
					Sapinière	Pin gris Pin sylvestre Pin blanc Pin rouge Mélèzes	Mélèze européen Pin sylvestre Pin gris
		Légère	Pauvre	Marine	--	--	Mélèze Pin blanc Peupliers
		Lourde	Pauvre	Marine Lacustre	Pessière	Epinette noire Mélèze laricin Epinette blanche Pin sylvestre Pin gris	Mélèze laricin Mélèze européen Peupliers Epinette noire
					Sapinière	Mélèze laricin Epinette noire Epinette blanche Pin sylvestre	

(1) Les essences sont données par ordre de préférence

C. Troisième partie: Stratégies sylvicoles, coûts et revenus

Les stratégies sylvicoles indiquent, pour chacune des principales essences utilisées dans le reboisement, les opérations sylvicoles préalables, concomitantes et subséquentes au plantage proprement dit. Ces opérations sont, suivant le cas, la préparation du terrain (scarifiage, labourage, hersage, désherbage), le dégagement, l'éclaircie, l'élagage et la coupe finale. Toute plantation devrait aussi être protégée contre le feu, les maladies, les insectes et, non le moindre, l'homme (vol d'arbres de Noël, motoneige, etc...).

Les principales essences considérées sont : le pin rouge, l'épinette blanche, l'épinette de Norvège, le pin gris, le pin blanc, l'épinette noire, le pin sylvestre, le mélèze laricin et les mélèzes introduits. Dans tous les cas, nous avons pris pour acquis que les conditions de terrain et de sol conviennent bien aux essences plantées. Les objectifs poursuivis sont en général soit la production de fibres durant une courte révolution, soit la production de sciage et éventuellement de déroulage. Cette dernière option comporte nécessairement la production de bois à pâte, surtout lors des premières interventions.

1. Pin rouge

Pour le pin rouge, trois (3) stratégies ont été retenues. Une première option consiste à planter à grand espacement, c'est-à-dire 10 pieds par 10 pieds, puis à procéder à 3 ou 4 dégagements, si nécessaire, entre les âges de 0 à 10 ans. L'élagage artificiel se pratiquerait vers 25 ou 30 ans, en

même temps que l'éclaircie. La coupe finale aurait lieu entre 40 et 60 ans. Cette option conviendrait aux étendues coupées à blanc, où existe déjà un certain remplissage naturel.

Par contre, dans les terrains abondonnés dépourvus de toute végétation arbustive naturelle, il serait préférable de planter à faible espacement, soit 4 pieds par 4 pieds et de procéder à un dégagement, lorsque nécessaire, vers 10 ou 15 ans. Une éclaircie précommerciale pourrait être pratiquée à 20 ans, suivie de 2 éclaircies commerciales à 30 et à 40 ans. La méthode d'éclaircie serait celle par le bas. Enfin, la coupe finale pourrait être pratiquée à 60 ans.

Une troisième stratégie, largement préconisée dans le sud de l'Ontario et notamment à la Forêt Larose, consiste à planter à un espacement de 6 pieds par 6 pieds et à pratiquer un dégagement, lorsque nécessaire, vers 10 ans. A 25 ans, alors que le matériel sur pied varie entre 25 et 30 cordes à l'acre, on procède à une éclaircie du type systématique en enlevant une rangée d'arbres à toutes les 4 rangées: on récolte ainsi environ 7 cordes à l'acre de bois de pin rouge destiné à une usine de pâte Kraft ou de carton.

Une deuxième éclaircie du même type est pratiquée à 35 ans, au moment où le peuplement atteint à nouveau 30 ou 35 cordes à l'acre: on enlève cette fois la rangée du milieu, ce qui permet de récolter le tiers du volume, soit environ 10 à 12 cordes à l'acre. Une troisième et dernière éclaircie est pratiquée à 45 ans: cette fois, on choisit 120 à 130 arbres d'avenir dans les rangées restantes, on élague artificiellement ces arbres en une seule opération jusqu'à une hauteur de 17 pieds et on les dégage en enlevant les

concurrents nuisibles: de cette façon, les arbres les plus vigoureux et sains peuvent s'accroître rapidement en diamètre pour constituer 20 ans plus tard, soit à 65 ans, du bois de déroulage: du moins, c'est un espoir qui a des chances d'être réalisé.

La production ligneuse des principales essences en plantation au Québec est mal connue. Bertrand et Bolghari (1975) ont recueilli des renseignements sur les jeunes plantations en terrains privés au sud du fleuve Saint-Laurent. Les principales régressions obtenues pour le pin rouge, exprimées en unités métriques, sont les suivantes:

a) Diamètre moyen:

$$D = - 4.87982 + 0.54677 + 0.51191\ E \times S$$

où

D est le DHP de 10 à 50 ans;

A est l'âge de 10 à 50 ans;

E est l'espacement de 1.0 à 4.0 mètres;

S est l'indice de site (3, 5, 7m) à 15 ans.

b) Hauteur moyenne (mètres):

$$H = - 4.36728 + 0.70196\ A - 0.00342\ A$$

c) Surface terrière (mètres carrés à l'hectare):

$$ST = 9.06098 + 1.55131\ A - 16.71980\ E + 1.61529\ E \times S$$

d) Volume total (mètres cubes à l'hectare):

$$VT = 2.81929 + 2.52134\ (ST) + 0.20195\ K\ (ST)$$

où

K = la hauteur, exprimée en mètres, sur une station de qualité donnée.

e) Volume marchand (mètres cubes à l'hectare):

$$VM = -16.07166 + 0.94991\ (VT)$$

où

VT est le volume total.

f) Nombre de tiges:

$$N = 10^{(4.26727 - 0.00967^{A} - 0.37825^{E})}$$

2. Epinette blanche

Rappelons ici que, dans la zone du sud, sur sol morainique, on devrait planter l'épinette de Norvège de préférence à l'épinette blanche à cause des rendements plus élevés obtenus. Rappelons aussi que l'épinette blanche est moins susceptible à la tordeuse des bourgeons que le sapin: contrairement à celui-ci, elle résiste aux attaques successives et ne meurt pas (Gilles Vallée, communication personnelle).

Pour l'épinette blanche, deux (2) stratégies ont été retenues. La première, qui vise une production de sciages, consiste à planter à des espacements variant de 6 pieds par 6 pieds à 8 pieds par 8 pieds, puis à pratiquer au besoin quelques dégagements à tous les 2 ou 3 ans. Une première éclaircie commerciale, associée à un élagage et possiblement à une fertilisation, serait pratiquée à 20 ou 25 ans. Une deuxième éclaircie commerciale suivrait à 30 ou 35 ans et la coupe finale aurait lieu entre 45 et 60 ans.

La deuxième stratégie consiste à planter à faible espacement, c'est-à-dire à 6 pieds par 6 pieds et à procéder à un dégagement si néces-

saire. Aucun autre traitement ne sera appliqué avant la coupe finale à 40 ans qui devrait produire entre 40 et 50 cunits à l'acre de bois à pâte.

Gagnon (1972) a fait l'analyse de croissance des plantations d'épinette blanche de Grand-Mère. Ses résultats, montrant l'évolution des plantations sur trois qualités de stations différentes, sont reproduits au tableau 13.

Pour cette essence, Bertrand et Bolghari (1975) ont établi les régression de croissance suivantes:

A) Diamètre moyen, D (cm)

$D = -29.23123 + 1.0785\ A - 0.01133A^2 + 1.88050I + 6.82757M - 0.56166IM$

M = âge de 15 à 60 ans

I = indice de site de 6 à 12 mètres à 25 ans

M = espacement de 1 à 4 mètres

B) Hauteur, H(m)

B = 8.19835

C = 0.1738

P = (I-B)/B

$H1 = -4.96965 + 0.64472A - 0.00471A^2$

Y = 0.1219 + (1.298/A)

H = ((Y/C)P + 1) H1

TABLEAU 13

Analyse de la croissance, de 1926 à 1966, de l'épinette blanche plantée en 1926 sur trois différentes qualités de station

QUALITE DE STATION		A (CLA.)	B (CLA.-POL.)	C (CLA.-POL.)
Nombre de parcelles		4	25	26
Nombre d'arbres plantés à l'acre	1926	1,530	1,530	1,530
Nombre d'arbres vivants à l'acre	1946	1,350	1,250	1,130
	1956	1,175	874	612
	1961	1,080	770	565
	1966	1,008	720	530
Diamètre moyen en pouces	1946	2.5	2.5	2.0
	1956	4.4	3.6	2.9
	1961	5.2	4.2	3.4
	1966	5.8	4.8	3.9
Arbres de 1" et plus -d.h.p. - rendement à l'acre(en pi.cu.)	1946	469	395	200
	1956	1,940	732	268
	1961	2,432	966	381
	1966	3,044	1,226	517
Arbres de 4" et plus -d.h.p. - rendement à l'acre(en pi.cu.)	1946	206	120	26
	1956	1,555	452	132
	1961	2,063	696	252
	1966	2,385	979	389
A.A.M. - 1" et plus -d.h.p.(en pi.cu.)	1926-46	23	20	10
	1926-56	65	24	9
	1926-61	70	27	11
	1926-66	76	31	13
Indice de fertilité	1966	50	40	30

Source: Gagnon (1972), publié avec la permission de l'auteur.

C) Surface terrière, G(m^2/ha)

$G = -13.08909 + 3.84654H - 0.07510H^2 + 1.33291\ (H/M)$

D) Volume total, V (m^3/ha)

$V = 0.36930 + 3.21375G + 0.00250HG^2$

E) Volume marchand, VM (m^3/ha)

$VM = -14.90586 + 0.89512V$

3. Epinette de Norvège

Même si l'épinette de Norvège a été plantée d'une façon générale dans de meilleurs sols que l'épinette blanche, ce qui pourrait expliquer en partie les rendements plus élevés qui ont été observés, nous croyons qu'elle est avantageuse à divers points de vue: elle est plus facile à produire en pépinière et elle souffre moins que l'épinette blanche du choc de la plantation. Le choix des provenances est toutefois très important. Certaines provenances, comme celles de Gould et des Grandes Piles, sont remarquables. Les stratégies proposées sont les mêmes que celles pour l'épinette blanche.

Les régressions calculées par Bertrand et Bolghari pour l'épinette de Norvège se lisent comme suit:

A) Diamètre moyen, D (cm)

$D = -14.76116 + 0.70454A - 0.0046A^2 + 0.82679I + 0.14239IM$

A = âge de 15 à 60 ans

M = espacement de 1 à 4 mètres

I = indice de site de 7 à 13 mètres à 25 ans

B) Hauteur, H (m)

$B1 = 9.1054$

$C1 = 0.196$

$H1 = -5.56231 + 0.70296A - 0.00473A^2$

$Y1 = 0.1316\ (35.2326)^{0.9161^A}$

$Q = (Y1/C1)\ H1$

$Q1 = (I - B1)\ /B1$

$H = Q1Q + H1$

C) Surface terrière, G (m^2/ha)

$G = -52.59936 + 2.71994A - 0.02421A^2 + 4.13704\ (I/M)$

D) Volume total, V (m^3/ha)

$V = 1.70281 + 0.63714G + 0.36575\ (H \times G)$

E) Volume marchand, VM (m^3/ha)

$VM = -17.14466 + 0.95234V$

F) Nombre de tiges par hectare, NT

$NT = (40000G)\ /\ 3.1416D^2$

4. Pin gris

Trois (3) stratégies ont été analysées et retenues pour le pin gris. La première est identique à la première stratégie retenue pour le pin rouge: espacement de 10 pieds par 10 pieds, élagage à 15 ans, éclaircie à 30 ans et coupe finale entre 50 et 60 ans. La deuxième stratégie implique aussi un espacement de 10 pieds par 10 pieds, avec dégagement entre 5 et 10 ans si nécessaire, une fertilisation azotée vers 15 ans et la coupe finale à 30 ou 40 ans avec récolte de bois à pâte.

La troisième stratégie implique un espacement de 6 pieds par 6 pieds, avec dégagement si nécessaire entre 5 et 10 ans. Une fertilisation est possible à 15 ans et la coupe finale, avec récolte de bois à pâte, se produit à 30 ou 40 ans.

La production ligneuse des plantations de pin gris peut être estimée au moyen des équations suivantes, tirées de Bertrand et Bolghari (1975). A désigne l'âge de 10 à 50 ans, E est l'espacement de 1.0 à 4.0 mètres et S est l'indice de fertilité (3, 5, 7 m) à 15 ans:

a) Diamètre moyen:

$$D = 3.174 + 9.47778\ A - 1.14309 + 0.53345\ S \times E$$

b) Hauteur moyenne:

$$H = 2.13561 + 0.54043\ A$$

c) Surface terrière:

$$ST = -19.25263 + 1.29593\ A + 3.07700\ S - 3.72666\ E$$

d) Volume total:

$$VT = -0.8386 + 2.76677\ (ST) + 0.15334\ K \times E$$

où

K = la hauteur, en mètres, sur une station de qualité donnée.

e) Volume marchand:

$$VM = -\ 9.5113 + 1.47657\ (ST) + 0.20062\ K\ (ST)$$

f) Nombre de tiges:

$$N = 10^{(3.98509 - 0.00499^{A} - 0.30460^{E})}$$

5. Pin blanc

Le plantage du pin blanc devrait être encouragé, surtout aux altitudes inférieures à 1,000 pieds où le ribes, qui est l'hôte alternatif de la rouille vésiculeuse, est moins abondant. L'espacement recommandé est de 8 pieds par 8 pieds et la production envisagée est normalement le bois de sciage.

6. Epinette noire

L'épinette noire aurait avantage à être plantée en vue de la production de bois à pâte. Les stratégies envisagées sont les mêmes que pour l'épinette blanche. L'épinette rouge serait moins recommandable car elle est sujette au dessèchement hivernal.

7. Pin sylvestre

Les stratégies exposées pour le pin rouge conviennent au pin sylvestre, tant pour la production de bois à pâte que pour le sciage.

8. Mélèzes

L'utilisation des mélèzes pour le reboisement est en voie de devenir importante au Québec. Ce groupe d'essences présente un taux de croissance accéléré et une forte production ligneuse. Par exemple, les plantations de mélèze européen de l'Hydro-Québec à Drummondville ont un accroissement annuel moyen de 125 pi.^{3}/acre à 28 ans.

Le mélèze laricin peut être planté avec des espacements variant de 6 pieds par 6 pieds à 8 pieds par 8 pieds pour la production de fibre. Il y aurait lieu de pratiquer un seul dégagement si nécessaire, puis passer à la récolte finale à 20 ou 30 ans. On estime la production en volume total à 3,000 pi.^{3}/acre à 25 ans. Pour le sciage, l'espacement devrait être de 10 pieds par 10 pieds. Un dégagement si nécessaire est suivi d'une éclaircie avec élagage à 15 ans; la récolte finale est prévue à 40 ou 50 ans, suivant le diamètre désiré.

Les principaux mélèzes introduits sont le mélèze européen, le mélèze japonais et le mélèze eurolépis (hybride de l'européen et du japonais). Tous les mélèzes sont recommandés pour la production de fibre. Avec un espacement de 10 pieds par 10 pieds, un dégagement pourrait être requis vers 5 ans, puis on passe à la récolte finale vers 20 ou 25 ans. La production estimée à cet âge est de 30 à 35 cunits à l'acre.

TABLEAU 14

TABLEAU SYNTHESE DES DIFFERENTES STRATEGIES SYLVICOLES POUR LES PLANTATIONS DE PIN ROUGE AU SUD DU FLEUVE SAINT-LAURENT

STRATEGIES	TRAITEMENTS	ESPACEMENT (pieds)	INDICE DE FERTILITE (HAUTEUR A 15 ANS) (pi)	AGE	RENDEMENT EN CUNIT A L'ACRE - VOLUME MARCHAND PAR TRAITEMENT	CUMULATIF	DIAMETRE MOYEN ESTIME (PO) (1 po et +)	NOMBRE DE TIGES A L'ACRE AU TRAITEMENT
Option A	Plantation	10 x 10	--	--	--	--	--	--
	Dégagement (s)		--	0-10	--	--	--	--
	Elagage artificiel et éclaircie commerciale		10	40	6	6	8.5	213
			16	35	9	9	8.7	239
			23	30	12	12	8.8	267
	Coupe finale		10	60*	44	50	13.5	150
			16	50*	49	58	12.9	170
			23	45	61	73	12.8	200
Option B	Plantation	4 x 4	--	--	--	--	--	--
	Dégagement (s)		--	10-15	--	--	--	--
	Eclaircie précommerciale		10	15	--	--	2.0	1,847
			16	10	--	--	1.5	2,067
			23	10	--	--	1.9	2,067
	1° éclaircie commerciale		10	30	7	7	6.0	800
			16	25	6	6	5.7	900
			23	25	11	11	6.1	900
	2° éclaircie commerciale		10	40	7	14	8.7	450
			16	35	9	15	8.4	500
			23	35	11	22	9.0	500
	Coupe finale		10	55*	33	47	12.4	250
			16	50*	48	63	12.2	300
			23	50*	57	79	13.0	300
Option C	Plantation	6 x 6	--	--	--	--	--	--
	Dégagement (s)		--	10	--	--	--	--
	Eclaircies systématiques 1°		23	25	9	9	6.0	867
	2°		23	35	11	20	9.0	450
	3° éclaircie		23	45	13	33	12.5	300
	Coupe finale		23	65*	58	91	17.0	170

* Passé 45 ans, les valeurs sont extrapolées

Référence

Bertrand, V. et H. Bolghari, 1975. Etude des plantations au sud du Saint-Laurent. Mémoire en préparation. Service de la Recherche, ministère des Terres et Forêts du Québec.

TABLEAU 15

TABLEAU SYNTHESE DES STRATEGIES SYLVICOLES POUR LES PLANTATIONS D'EPINETTE BLANCHE AU SUD DU FLEUVE SAINT-LAURENT

STRATEGIES	TRAITEMENTS	ESPACEMENT (pieds)	INDICE DE FERTILITE (HAUTEUR EN PI A 25 ANS)	AGE	RENDEMENT EN CUNIT A L'ACRE - VOLUME MARCHAND PAR TRAITEMENT	RENDEMENT EN CUNIT A L'ACRE - VOLUME MARCHAND CUMULATIF	DIAMETRE MOYEN ESTIME (PO) (1 po et +)	NOMBRE DE TIGES A L'ACRE AU TRAITEMENT
Option A	Plantation	6 x 6	--	--	--	--	--	--
	Dégagement (s)		--	2 à 10	--	--	--	--
	Eclaircie commerciale et élagage		26	40	6	6	5.7	870
			29	40	7	7	6.1	840
			33	35	7	7	6.0	860
			36	35	8	8	6.4	820
			39	30	8	8	6.1	850
	Eclaircie commerciale		26	55*	5	11	7.0	600
			29	55*	6	13	7.3	600
			33	50	6	13	7.7	580
			36	50	7	15	8.1	560
			39	45	8	16	8.1	570
	Coupe finale		26	70*	25	36	7.6	580
			29	70*	26	39	8.1	540
			33	65*	27	40	8.8	480
			36	65*	28	43	9.2	460
			39	60*	33	49	9.4	450
Option B	Plantation	6 x 6	--	--	--	--	--	--
	Dégagement (s)		--	2 à 10	--	--	--	--
	Coupe finale		33	50	31	--	6.7	860
			36	45	33	--	7.1	780
			39	40	32	--	7.3	730

* Passé 50 ans, les valeurs sont extrapolées

Référence

Bertrand, V. et H. Bolghari, 1975. Etude des plantations au sud du Saint-Laurent. Mémoire en préparation. Service de la Recherche ministère des Terres et Forêts du Québec.

TABLEAU 16

TABLEAU SYNTHESE DES DIFFERENTES STRATEGIES SYLVICOLES POUR LES PLANTATIONS D'EPINETTE DE NORVEGE AU SUD DU FLEUVE SAINT-LAURENT

STRATEGIES	TRAITEMENTS	ESPACEMENT (pieds)	INDICE DE FERTILITE (HAUTEUR EN PI A 25 ANS	AGE	RENDEMENT EN CUNIT A L'ACRE - VOLUME MARCHAND PAR TRAITEMENT	CUMULATIF	DIAMETRE MOYEN ESTIME (PO) (1 po et +)	NOMBRE DE TIGES A L'ACRE AU TRAITEMENT
Option A	Plantation	6.6 x 6.6	--	--	--	--	--	--
	Dégagement (s)		--	2 à 10	--	--	--	--
	Eclaircie commerciale et élagage		23	40	6	6	5.4	702
			29	35	6	6	5.6	799
			36	35	8	8	6.5	676
			43	30	7	7	6.5	631
	Eclaircie commerciale		23	55	7	13	7.4	500
			29	50	9	15	7.9	
			36	45	11	19	8.8	430
			43	40	12	19	9.3	400
	Coupe finale		23	70*	27	40	8.7	375
			29	65*	33	48	9.2	370
			36	60*	42	61	10.2	330
			43	55	55	74	10.9	310
Option B	Plantation	6.6 x 6.6	--	--	--	--	--	--
	Dégagement (s)		--	2 à 10	--	--	--	--
	Coupe finale		29	50	38	--	7.4	594
			36	45	43	--	7.8	568
			43	40	45	--	8.1	543

* Passé 55 ans, les valeurs sont extrapolées

Référence

Bertrand, V. et H. Bolghari, 1975. Etude des plantations au sud du Saint-Laurent. Mémoire en préparation. Service de la Recherche, Ministère des Terres et Forêts du Québec.

TABLEAU 17

TABLEAU SYNTHESE DES DIFFERENTES STRATEGIES SYLVICOLES POUR LES PLANTATIONS DE PIN GRIS AU SUD DU FLEUVE SAINT-LAURENT

STRATEGIES	TRAITEMENTS	ESPACEMENT (pieds)	INDICE DE FERTILITE (HAUTEUR A 15 ANS) (pi)	AGE	RENDEMENT EN CUNIT A L'ACRE - VOLUME MARCHAND		DIAMETRE MOYEN ESTIME (PO) (1 po et +)	NOMBRE DE TIGES A L'ACRE AU TRAITEMENT
					PAR TRAITEMENT	CUMULATIF		
Option A	Plantation	10 x 10	--	--	--	--	--	--
	Elagage		--	15	--	--	--	--
	Eclaircie		16	30	4	4	6.2	326
			23	30	7	7	7.5	326
	Coupe finale		16	50*	38	42	10.2	250
			23	50*	54	61	11.5	250
Option B	Plantation	10 x 10	--	--	--	--	--	--
	Dégagement (s)		--	5-10	--	--	--	--
	Fertilisation		--	15	--	--	--	--
	Coupe finale		16	30	15	--	6.5	326
			23	30	22	--	7.9	326
Option C	Plantation	6 x 6	--	--	--	--	--	--
	Dégagement (s)		--	5-10	--	--	--	--
	Coupe finale		10	40*	17	--	6.5	1,050
			16	35	21	--	6.1	1,112
			23	30	22	--	6.2	1,177
	Variante							
	Fertilisation			15	--	--	--	--
	Coupe finale		10	40*	20	--	6.8	1,050
			16	35	24	--	6.4	1,112
			23	30	25	--	6.5	1,177

* Passé 35 ans, les valeurs sont extrapolées

Référence

Bertrand, V. et H. Bolghari, 1975. Etude des plantations au sud du Saint-Laurent. Mémoire en préparation. Service de la Recherche, ministère des Terres et Forêts du Québec.

ANNEXE I

NOTES SUR LA PRODUCTIVITE DE CERTAINES METHODES UTILISEES POUR EFFECTUER DES TRAITEMENTS SYLVICOLES

NOTE 1

Traitement: plantation manuelle (racines libres)

Equipement: à la pelle $\longrightarrow$ 1 fente

Fonction:

$$Y = \frac{8X_1}{595}$$

où Y = productivité de l'opération (heures-homme/acre)

X_1 = intensité de la plantation (semis/acre)

X_1	Y
600	8.07
800	10.76
1000	13.45
1200	16.13

Données de base: Service de la restauration, M.T.F.

NOTE 2

Traitement : plantation mécanique

Equipement : planteuse de type "Crank Axle"

Fonction: $Y = \frac{X_1}{957.0406 - (21868.4266/X_2)}$

où: Y = productivité de l'équipement (heures-machine/acre)

X_1 = intensité de la plantation (semis/acre)

X_2 = dimensions du projet (1000 semis à planter/machine)

X_2	X_1			
	600	800	1000	1200
40	1.46	1.95	2.44	2.92
60	1.01	1.35	1.69	2.02
80	0.88	1.17	1.46	1.76
100	0.81	1.08	1.35	1.63
120	0.77	1.03	1.29	1.55
140	0.75	1.00	1.25	1.50
160	0.73	0.98	1.22	1.46
180	0.72	0.96	1.20	1.44
200	0.71	0.94	1.18	1.42
220	0.70	0.93	1.16	1.40
240	0.69	0.92	1.15	1.39
260	0.69	0.92	1.15	1.37
280	0.68	0.91	1.14	1.36

Données de base: Service de la restauration, M.T.F.

NOTE 3

Traitement : plantation mécanique

Equipement : planteuse de type Crank Axle avec pelle en "V"

Fonction: $Y = \frac{X_1}{186.1\ (X_2)^{0.3157}}$

où: Y = productivité de l'équipement (heures-machine/acre)
X_1= intensité de la plantation (semis/acre)
X_2= dimensions du projet (1000 semis à planter par machine)

X_2	X_1			
	600	800	1000	1200
20	1.25	1.67	2.09	2.50
40	1.01	1.34	1.68	2.01
60	0.89	1.18	1.48	1.77
80	0.81	1.08	1.35	1.62
100	0.75	1.00	1.26	1.51
120	0.71	0.95	1.19	1.42
140	0.68	0.90	1.13	1.35

Données de base: Service de la restauration, M.T.F.

NOTE 4

Traitement : plantation mécanique

Equipement : planteuse de type standard

Fonction: $Y = \frac{X_1}{326.0067 \times E^{0.0098X_2}}$

où: Y = productivité de l'équipement (nombre d'heures-machine/acre)

X_1 = intensité de la plantation (nombre de semis/acre)

X_2 = dimensions du projet (nombre de 1000 semis à planter par machine)

X_2	X_1			
	600	800	1000	1200
20	1.51	2.02	2.52	3.03
40	1.24	1.66	2.07	2.49
60	1.02	1.36	1.70	2.04
80	0.84	1.12	1.40	1.68
100	0.69	0.92	1.15	1.38
120	0.57	0.76	0.95	1.14
140	0.47	0.62	0.78	0.93

Données de base: Service de la restauration, M.T.F.

NOTE 5

Traitement : plantation mécanique

Equipement : planteuse de type Tractor-mounted

Fonction: $Y = \frac{X_1}{736}$

où: Y = productivité de l'opération (heures-homme/acre)

X_1 = intensité de la plantation (semis/acre)

X_1	Y
600	0.82
800	1.09
1000	1.36
1200	1.63

Données de base: Service de la restauration, M.T.F.

NOTE 6

Traitement : plantation manuelle (récipients)

Fonction: $Y = \frac{8X_1}{1250}$

où: Y = productivité de l'opération (heures-homme/acre)

X_1 = intensité de la plantation (semis/acre)

X_1	Y
600	3.84
800	5.12
1000	6.40
1200	7.68

Données de base: Service de la restauration, M.T.F.

NOTE 7

Traitement : plantation manuelle de récipients

HYPOTHESE 1: Productivité sans scarifiage

Temps effectif	6.5 heures/faction de travail											
Terrain	FACILE		MOYEN								DIFFICILE	
Superficie (acres)	62		10		22		62		122		62	
Nombre de planteurs	5		2		3		5		7		5	
Nombre de plants/acre	888	1000	888	1000	888	1000	888	1000	888	1000	888	1000
Productivité												
- acres/faction de travail	2.28	2.03	1.58	1.40	1.60	1.43	1.65	1.45	1.65	1.48	1.28	1.15
- jours-homme/acre	0.44	0.49	0.64	0.71	0.62	0.70	0.61	0.68	0.60	0.68	0.78	0.88
- heures-homme/acre	2.86	3.19	4.16	4.62	4.03	4.55	3.97	4.42	3.90	4.42	5.07	5.72

HYPOTHESE 2: Productivité après scarifiage localisé

Temps effectif	6.5 heures/faction de travail											
Terrain	FACILE		MOYEN								DIFFICILE	
Superficie (acres)	62		10		22		62		122		62	
Nombre de planteurs	5		2		3		5		7		5	
Nombre de plants/acre	888	1000	888	1000	888	1000	888	1000	888	1000	888	1000
Productivité												
- acres/faction de travail	2.53	2.28	1.68	1.50	1.73	1.55	1.78	1.58	1.78	1.60	1.35	1.20
- jours-homme/acre	0.40	0.44	0.59	0.66	0.58	0.65	0.56	0.63	0.56	0.63	0.74	0.83
- heures-homme/acre	2.60	2.86	3.84	4.29	3.77	4.23	3.64	4.10	3.64	4.10	4.81	5.40

Tiré de: P.O. Backstrom and A. Wahlquist, 1973. Systems analysis of artificial forest-regeneration. Swedish Logging Research Foundation, Rep. no. 1E 1973.

NOTE 7 (Suite)

HYPOTHESE 3: Productivité après labour des aires de coupe

Temps effectif	6.5 heures/faction de travail											
Terrain	FACILE		MOYEN								DIFFICILE	
Superficie (acres)	62		10		22		62		122		62	
Nombre de planteurs	5		2		3		5		7		5	
Nombre de plants/acre	888	1000	888	1000	888	1000	888	1000	888	1000	888	1000
Productivité												
- acres/faction de travail	2.98	2.65	2.05	1.83	2.10	1.88	2.15	1.93	2.18	1.95	1.65	1.45
- jours-homme/acre	0.34	0.38	0.49	0.55	0.48	0.53	0.46	0.52	0.46	0.51	0.61	0.68
- heures-homme/acre	2.21	2.47	3.19	3.58	3.12	3.45	2.99	3.38	2.99	3.32	3.97	4.42

Tiré de: P.O. Backstrom and A. Wahlquist, 1973. Systems analysis of artificial forest-regeneration. Swedish Logging Research Foundation, Rep. no. 1E 1973.

NOTE 8

Traitement : ensemencement mécanique

Equipement : tracteurs et scarificateurs

HYPOTHESE 1: Productivité avec 2 unités en tandem

Largeur d'opération (pieds)	13 pieds					
Temps effectif	6 heures/faction de travail					
Terrain	FACILE	MOYEN				DIFFICILE
Superficie	62	10	22	62	122	62
Productivité						
- acres/faction de travail	19	9	12	16	18	12
- jours-homme/acre	.05	.12	.08	.06	.06	.08
- heures-machine/acre	.30	.72	.48	.36	.36	.48

HYPOTHESE 2: Productivité avec 3 unités en tandem

Largeur d'opération (pieds)	20 pieds					
Temps effectif	6 heures/faction de travail					
Terrain	FACILE	MOYEN				DIFFICILE
Superficie	62	10	22	62	122	62
Productivité						
- acres/faction de travail	23	9	14	20	22	15
- jours-homme/acre	.04	.11	.07	.05	.04	.07
- heures-machine/acre	.24	.66	.42	.30	.24	.42

Tiré de: P.O. Backstrom and A. Wahlquist, 1973. Systems analysis of artificial forest-regeneration. Swedish Logging Research Foundation, Rep. no. 1E 1973.

NOTE 9

Traitement: ensemencement aérien

Equipement: avion (monomoteur)

Largeur d'opération (pieds)	33 pieds			
Temps effectif	5.5 heures/faction de travail			
Superficie (acres)	10	22	62	122
Temps (cmin./acre)	639	315	139	86
Productivité				
- acres/faction de travail	52	105	238	382
- jours-homme/acre	.04	.02	.01	.004
- heures-machine/acre	.11	.05	.02	.01

Tiré de: P.O. Backstrom and A. Wahlquist, 1973. Systems analysis of artificial forest-regeneration. Swedish Logging Research Foundation, Rep. no. 1E 1973.

NOTE 10

Traitement: arrosage manuel de sylvicides

Equipement: pompes individuelles et débusqueur pour transport du sylvicide

Productivité sur un terrain normal:

- acres/faction de travail: 10
- jour-homme/acre: 0.31
- heures-homme/acre: 2.46
- heure-machine/acre: 0.82

Tiré de: H. Berg, P.O. Backstrom, R. Gustavsson, B. Hagglund 1975. Systems analysis of cleaning of young stands. Swedish Logging Research Foundation, Rep. no 1E 1975.

NOTE 11

Traitement: arrosage aérien de sylvicides

Equipement: avion monomoteur

Productivité:

- acres/faction de travail: 2.95
- jour-homme/acre: .01
- heure-homme/acre: .08
- heure-machine/acre: .027

Tiré de: H. Berg, P.O. Backstrom, R. Gustavsson, B. Hagglund 1975. Systems analysis of cleaning of young stands. Swedish Logging Research Foundation. Rep. no 1E 1975.

NOTE 12

Traitement: éclaircie pré-commerciale

Equipement: Hache

Fonction : $Y = 1.6558 + 0.0007X_1 + 0.0070X_2$

où Y = productivité de l'opération (heures-homme/acre)

X_1= nombre de tiges à l'acre avant traitement

X_2= nombre de tiges traitées

X_1	X_2			
	500	700	900	1100
3000	7.23	8.62	10.02	11.40
4000	7.92	9.32	10.70	12.10
5000	8.62	10.02	11.40	12.80
6000	9.32	10.70	12.10	13.50

Adapté de: Doucet R. 1973. Comparaison de deux méthodes d'éclaircie pré-commerciale applicables aux jeunes sapinières. Service de la recherche. Mémoire no. 16.

NOTE 13

Traitement: éclaircie pré-commerciale

Equipement: hypo-hachette (chimique)

Fonction: $Y = 0.7037 + 0.0001X_1 + 0.0030X_2$

où Y = productivité de l'opération (en heures-homme/acre)

X_1 = nombre de tiges à l'acre avant traitement

X_2 = nombre de tiges traitées

X_1	X_2			
	500	700	900	1100
3000	2.60	3.20	3.80	4.42
4000	2.73	3.33	3.93	4.55
5000	2.85	3.45	4.05	4.67
6000	2.98	3.58	4.18	4.80

Adapté de: Doucet R. 1973. Comparaison de deux méthodes d'éclaircie pré-commerciale applicables aux jeunes sapinières. M.T.F., Service de la recherche. Mémoire no. 16

NOTE 14

Traitement: Eclaircie pré-commerciale.

Equipement: Hache.

Fonction : $Y = \dfrac{8\ X_3}{68.12771 + 0.10966\ X_1 + 0.13919\ X_2}$

où Y = productivité de l'opération (heures-homme/acre)
X_1 = dimension du projet (acres)
X_2 = nombre de tiges à l'acre, avant traitement
X_3 = nombre de tiges à traiter par acre

X_3	X_1	X_2: tiges / acre avant traitement			
	acres	3000	4000	5000	6000
		Y : heures-homme/acre			
1000	500	14.8	11.8	9.8	8.3
1000	1000	13.5	10.9	9.1	7.9
1000	1500	12.3	10.1	8.6	7.5
1000	2000	11.3	9.5	8.2	7.2
2000	500	29.6	23.6	19.6	16.6
2000	1000	27.0	21.8	18.2	15.8
2000	1500	24.6	20.2	17.2	15.0
2000	2000	22.6	19.0	16.4	14.4
3000	500	44.4	35.4	29.4	24.9
3000	1000	40.5	32.7	27.3	23.7
3000	15000	36.9	30.3	25.8	22.5
3000	2000	33.9	28.5	24.6	21.6

NOTE 15

Traitement: Eclaircie pré-commerciale.

Equipement: Scie circulaire suédoise.

Fonction : $Y = 0.845 \sqrt{X_1 X_2} - 0.7303$

où Y = productivité de l'opération (heures-homme/acre)

X_1 = nombre de 1,000 tiges à enlever par acre

X_2 = moyenne arithmétique de la hauteur des arbres à enlever (pieds)

X_1	X_2			
	3 à 6	7 à 9	10 à 16	16 à 26
400		0.60	0.95	1.42
1200	1.07	1.58	2.18	2.98
2000	1.58	2.25	3.03	
4000	2.53	3.48	4.60	
8000	3.88	5.22		

Adapté de: Swenson, S.A. 1971, Time functions for cleaning in young stands with brush sav. Swedish Logging Research Foundation. Economic, No. 1E.

ANNEXE II

RENSEIGNEMENTS SUR LE CALCUL DE PRODUCTION SUITE A DES INTERVENTIONS PERIODIQUES DANS DIFFERENTS PEUPLEMENTS

ANNEXE II - RENSEIGNEMENTS SUR LE CALCUL DE PRODUCTION SUITE A DES INTERVENTIONS PERIODIQUES DANS DIFFERENTS PEUPLEMENTS

Le dossier sylvicole comportera une section spécifique à la simulation de l'évolution de peuplements qui évaluera de façon mathématique les conséquences de diverses interventions humaines dans les peuplements.

Cette section n'est pas terminée et dans l'entretemps, pour donner un ordre de grandeur des résultats des interventions, l'évolution des peuplements complets a été calculée selon certaines hypothèses de base. Celles-ci se résument comme suit:

1. Par des interventions sylvicoles telles que les coupes précommerciales et les éclaircies commerciales, il est possible de récupérer la partie de la production qui serait perdue par la mortalité, tout en diminuant les risques inhérents à des pertes catastrophiques (Braathe, 1957, In Bolghari et Vézina, 1974).

2. La surface terrière est un indicateur du degré de concurrence entre les arbres. L'éclaircie, en éliminant certains arbres, réduit la surface terrière et provoque une augmentation de la croissance en diamètre des tiges résiduelles.

Le principal objectif des interventions de cette nature est le maintien de la surface terrière à un niveau se rapprochant le plus possible

d'une concurrence nulle tout en gardant suffisamment d'arbres pour occuper le territoire.

Ce niveau de densité de peuplements (surface terrière) où le degré de concurrence est faible devient le point critique au-dessus duquel on ne permet jamais à la densité du peuplement de se rendre car le taux de croissance en diamètre des arbres diminuerait inévitablement. On procure l'espace de croissance requis en réduisant la surface terrière en bas de ce point critique. Pour ce travail, nous avons fixé ce point à 85% de la surface terrière "normale" (Vézina, 1973b).

CALCUL DU RESULTAT DES INTERVENTIONS POUR LES SAPINIERES

Notre approche est surtout graphique. Nous avons exprimé les équations établies par Bolghari et Vézina (1974) dans deux figures. La figure A exprime la surface terrière brute et nette pour une station de qualité donnée et à des âges différents. La figure B exprime les volumes bruts et nets.

Nous entendons par production brute, la somme de la production nette et de la mortalité cumulative. Cette notion est très importante dans notre approche, puisque nous associons cette production à la production potentielle du peuplement lorsque le degré de concurrence entre les tiges est sous le point limite. En d'autres mots, la pente de la courbe de production brute représente l'accroissement qu'aurait le peuplement après éclaircie à un âge donné. La production nette n'est illustrée sur les graphiques que pour permettre de comparer

l'évolution du peuplement traité par rapport au peuplement non traité.

L'exemple d'estimation suivant s'applique à la stratégie sylvicole F variante A pour la sapinière, soit une coupe d'éclaircie pré-commerciale à 15 ans, deux coupes d'éclaircies commerciales à 35 et 45 ans et une coupe à blanc par bandes à 60 et 65 ans.

EVOLUTION DE LA SURFACE TERRIERE DE LA SAPINIERE

En simulant l'évolution de la surface terrière après une éclaircie, nous voulons obtenir l'évolution du diamètre moyen du peuplement. A cette fin, il faut connaître le nombre de tiges à l'acre avant et après traitement. Pour les besoins de notre travail, le nombre de tiges à l'acre est estimé en s'inspirant du travail de Vézina (1973a). Comme les équations de Bolghari et Vézina (1974) ne nous permettent pas de connaître l'évolution de la surface terrière à un âge inférieur à 20 ans, nous avons supposé que la coupe d'éclaircie pré-commerciale avait produit un peuplement dont la surface terrière atteignait 90% de la surface terrière "normale" nette à 35 ans, au moment de la première éclaircie commerciale.

Selon cette hypothèse, le peuplement retenu comme exemple aurait 150 pieds carrés/acre de surface terrière. Dans la stratégie sylvicole, il est suggéré d'enlever une moyenne de 35% du volume à l'âge de 35 ans. L'intervention réduit ainsi la surface terrière à environ 100 pieds carrés/acre, ce qui correspond, d'après Vézina et al (1975), à la surface terrière qui favorise

une croissance maximale en volume. Lors de la seconde éclaircie commerciale, à 45 ans, la surface terrière se sera accrue de 37.5 pieds carrés à l'acre, au rythme de l'accroissement de la surface terrière brute entre 35 et 45 ans. Donc, à 46 ans, la surface terrière du peuplement a atteint 137.5 pieds carrés/acre. A cet âge, l'intervention suggérée la réduit de 25%, ce qui ramène le peuplement à environ 103 pieds carrés/acre. Puis, nouvel accroissement jusqu'à la première coupe de régénération à 60 ans, ce qui donne une surface terrière de 150 pieds carrés à l'acre. A 65 ans, lors de la dernière coupe, le peuplement aurait une surface terrière de 165 pieds carrés/acre.

A partir de ces valeurs et d'un estimé du nombre de tiges à l'acre, il est facile d'évaluer le diamètre moyen du peuplement.

CALCUL DE LA PRODUCTION EN VOLUME POUR LA SAPINIERE

Pour évaluer la production en volume marchand d'une sapinière sous régime d'éclaircie, référons-nous à la figure B.

A 35 ans, au moment de la première coupe d'éclaircie commerciale, un peuplement qui n'a pas été traité par une éclaircie pré-commerciale produit un volume marchand d'environ 19 cunits à l'acre, valeur que nous allons retenir pour effectuer nos calculs. En théorie, l'éclaircie pré-commerciale aurait certainement influencé le volume marchand mais, étant donné le peu de connaissance que nous avons sur ce sujet, nous avons préféré nous en tenir au volume marchand du peuplement naturel.

A 35 ans, une récolte de 35% du volume donnera environ 6 cunits à l'exclusion du volume récolté dans les chemins qui peut représenter de 10 à 20 pourcent du volume marchand du peuplement, c'est-à-dire 2 à 4 cunits.

A 45 ans, le peuplement se sera accru de 11 cunits à l'acre environ (selon la courbe du volume total brut) et devrait à cet âge contenir environ 24 cunits à l'acre de volume marchand. Par l'éclaircie, on récolte 25% du volume marchand soit environ 6 cunits à l'acre. Enfin à 60 et 65 ans, lors de la coupe de régénération, suite à un accroissement de 16 et de 21 cunits à l'acre respectivement, le peuplement devrait produire presque le volume marchand sans intervention, soit 34 et 39 cunits à l'acre. Pour tenir compte des imprévus apportés par la série de coupes d'éclaircie et surtout d'une mortalité réduite, nous avons retenu un accroissement qui sera de 80% de la production hypothétique soit 13 et 17 cunits. Le volume sera donc de 31 et 35 cunits à l'acre.

Le volume cumulatif des éclaircies permet donc de retirer à 60 ans, 43 cunits à l'acre comparativmeent à 35 pour un peuplement non traité, ce qui représente une production supplémentaire de 23%. Si l'on tient compte de l'effet de l'éclaircie précommerciale, on peut espérer obtenir au moins 5 cunits/acre de plus. Donc on retirerait 48 cunits/acre, ce qui représenterait une production en supplémentaire de 37%.

CALCUL DU RESULTAT DES INTERVENTIONS POUR LES AUTRES ESSENCES

La méthode décrite ci-haut s'applique très bien lorsque l'on dispose

des données de base nécessaires, ce qui est le cas pour le sapin. Par contre pour les autres essences décrites, il a fallu procéder quelque peu différemment.

Ainsi pour évaluer la surface terrière, le point critique de 85% a été appliqué. La surface terrière minimum à conserver a été fixée à 110 pieds carrés à l'acre à la première éclaircie. Le diamètre moyen a été calculé de la même manière que dans l'exemple du sapin. Cependant, le volume marchand après éclaircie a été calculé en utilisant un multiplicateur à l'accroissement normal en volume marchand. Ce multiplicateur était de 1.3 pour les peuplements ayant subi une éclaircie pré-commerciale et de 1.2 s'ils n'avaient pas subi ce traitement ou si c'était la deuxième intervention.

Cette approche a été appliquée aux tables de rendement de Vézina et Linteau (1968), pour l'épinette noire, l'épinette noire et sapin baumier. Pour le pin gris, nous avons utilisé les tables de rendement calculées par Ferland, 1969.

L'évaluation de l'option E des tremblaies est l'application de la cédule établie par Schlaegel, In Anon. 1972a, aux tables de rendement établies par Le Goff, Ménard et Richard, (1975).

Enfin, les traitements appliqués aux plantations de pin rouge et pin gris, épinette blanche et épinette de Norvège, ont été évalués en employant les tables de rendement calculées par Bertrand et Bolghari (1975).

CONCLUSION

Nos résultats ne représentent qu'un ordre de grandeur très conser-

vateur de la réaction des différentes interventions sylvicoles appliquées à certains peuplements. Le modèle de simulation en préparation devrait s'avérer un meilleur outil pour évaluer le résultat des interventions.

Fig. A: Surface terrière brute et nette en fonction de l'âge

SAPINIERE BOREALE, CLASSE DE FERTILITE I
120 PIEDS CARRES/ACRE A 20 ANS
(Bolghari & Vézina, 1974)

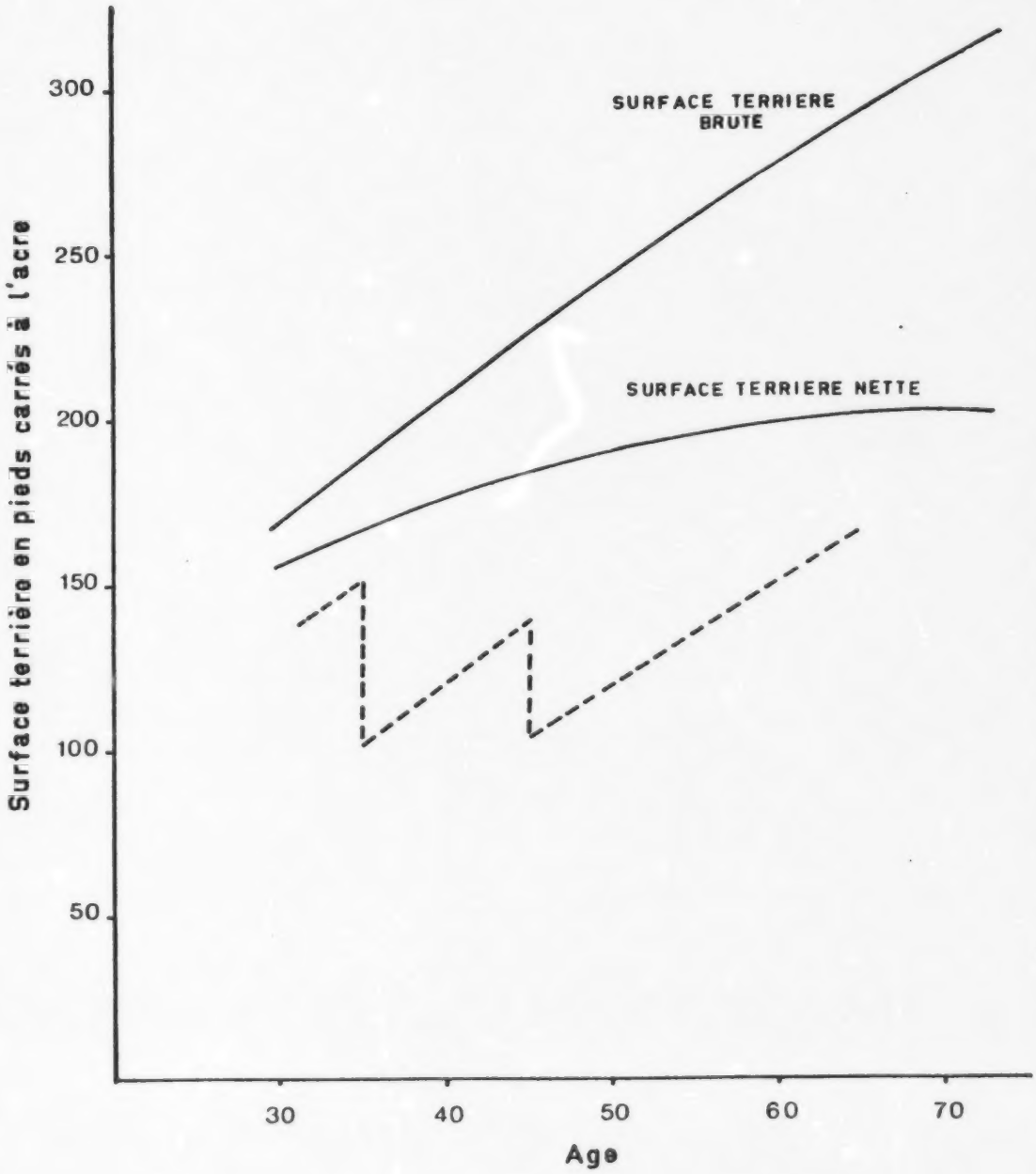
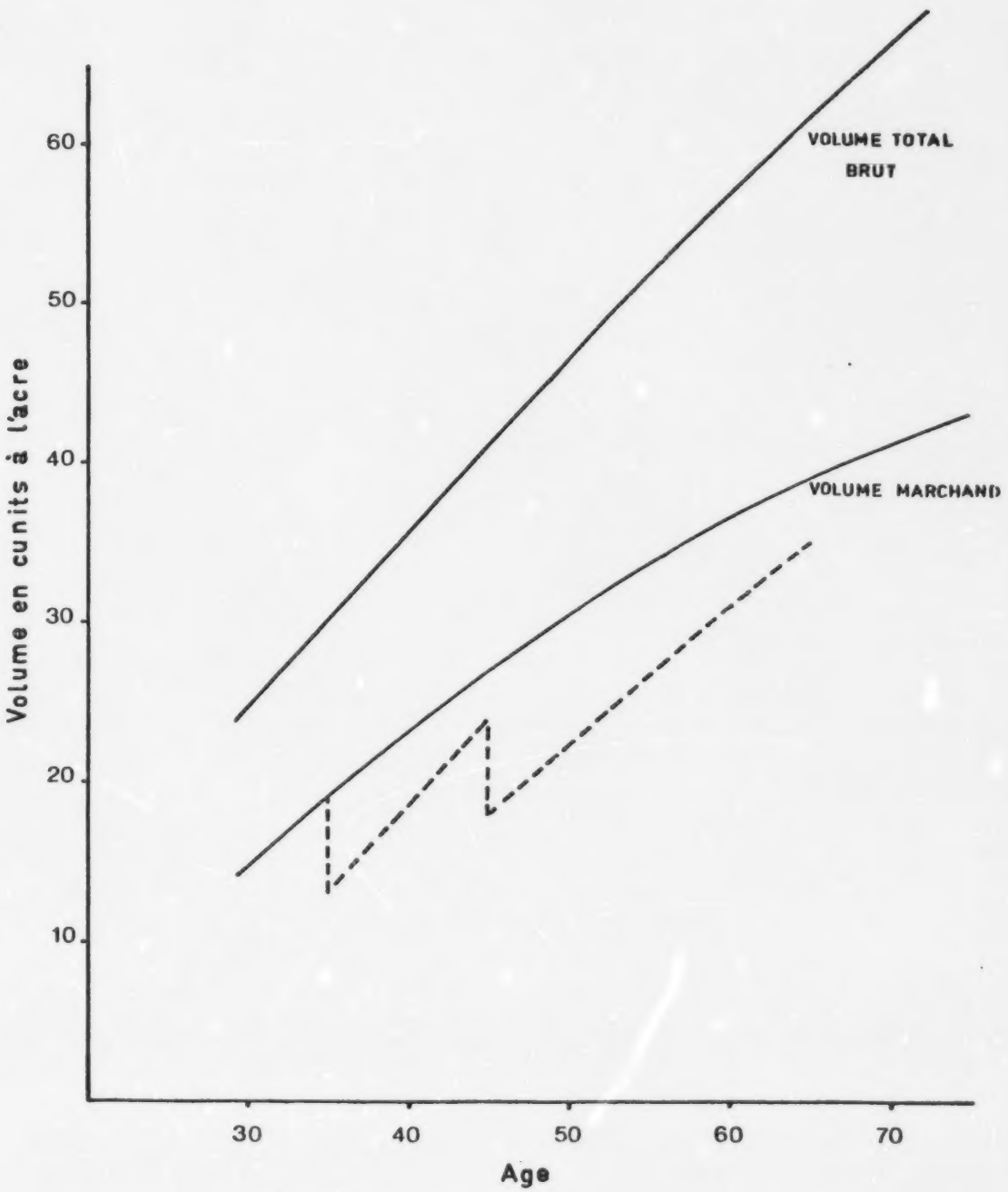


Fig. B : Volume total brut et volume marchand en fonction de l'âge

SAPINIERE BOREALE, CLASSE DE FERTILITE I
120 PIEDS CARRES/ACRE A 20 ANS
(Bolghari & Vézina, 1974)



BIBLIOGRAPHIE

Anonyme 1957. Silvical Characteristics of Sugar Maple, U.S.D.A., Forest Service, Lakes States For. Exper. Sta., Sta. Paper 50. 24 p.

Anonyme 1960. Silvical Characteristics of Yellow Birch, U.S.D.A., Forest Service, Northeastern For. Exper. Sta., Sta. Paper 134. 18 p.

Anonyme 1972a. Aspen Symposium Proceedings. U.S.D.A., Forest Service, Gen. Tech. Rep. NC-1. 154 p.

Anonyme 1972b. Newfoundland Task Force on Forest Improvement and Protection. Report of the Committee on Forest Improvement and Protection presented to Federal-Provincial Task Force on Forestry. St-John, Newfoundland. December 1972, Mimeo. 124 p.

Anonyme 1973. Amélioration du pin gris au Québec. Québec, Min. des Terres et Forêts, Conseil de la recherche et du développement forestier. Rapport No 2. 169 p.

Anonyme 1975a. Essais de fertilisation aérienne à la Forêt Montmorency. Rapport d'étape 1972-74. Environnement Canada, Centre de Recherches Forestières des Laurentides. Rapport d'information LAU-X-15. 45 p.

Anonyme 1975b. Guide technique pour l'unité d'aménagement intensif. Québec, Min. des Terres et Forêts, Serv. de la Restauration. 90 p.

Anonyme 1975c. Le marché du peuplier du Québec, 1985-1995. Québec, Min. des Terres et Forêts, Serv. de la Restauration. Rapport interne. 76 p.

Anonyme 1975d. Rapport annuel du Min. des Terres et Forêts du Québec pour l'année 1974-75. Québec, Min des Terres et Forêts. 276 p.

Anonyme 1975e. Rapport annuel 1974-75 du Fonds de Recherche Forestière. Québec, Université Laval.

Anonyme 1975f. Rapports techniques et financiers des projets de reboisement. Québec, Min. des Terres et Forêts, Serv. de la Restauration Mimeo.

Anonyme 1975g. Suggestion d'un programme de recherche et de développement forestier en regard de la tordeuse. Québec, Min. des Terres et Forêts. Préparé par un groupe de travail. Avril. Mimeo. 74 p. Annexes.

Anonyme 1976. Normes techniques relatives aux coupes sylvicoles. Québec, Min. des Terres et Forêts, Serv. de la Restauration (en préparation).

Armson, F.A., Krause, H.H. and G.F. Weetman. 1973. Fertilization Response in the Northern Coniferous Forest. Quebec, Laval University. Proc. 4th North Amer. For Soils Conf.

Babcock, H.M. and Kenneth, L.Q. 1969. Birch Timber Resources of North America. In Birch Symposium Proceedings, U.S.D.A., Northeastern Forest Exper. Sta. pp. 6.14

Baekstrom, P.O. and Wahlquist. 1973. Systems Analysis of Artificial Forest Regeneration. Swedish Logging Research Foundation, Rep. No 1E, 87 p.

Baskerville, G.L. 1975. Spruce Budworm: Super Silviculturist. For. Chron. 51 (4): 138-140.

Bedos, J. 1972. Aménagement des fermes populicoles d'Estcourt et de Cabano, comté de Témiscouata. Québec, Min des Terres et Forêts, Serv. de la Recherche. Rapport interne, 95. 48 p.

Berg, H., P.O. Bäckström, R. Gustavsson et B. Hägglund. 1975. Systems Analysis of Cleaning of Young Stands. Swedish Logging Research Foundation, Rep. No 1E, 79 p.

Bernier, B., D. Carrier and W.Q. Smirnoff. 1969. Preliminary Observations on Nitrogen Losses through Ammonia Volatilization Following Urea Fertilization of Soil in a Jack Pine Forest. Naturaliste Can. 96 (2): 251-256.

Bernier, B., and H.S. Swan. 1970. Biological and Economic Aspects of Forest Fertilization in Canada. In Forestry Reader, Can. Council of Resource Ministers, Montreal, Que. pp. 26-1 to 26-19. Paper 26, 19 p.

Bertrand, V. et H. Bolghari. 1970. L'effet d'une coupe d'éclaircie dans un peuplement dense d'épinette et de sapin baumier âgé de 45 ans, au sud-est de Québec. Québec, Min. des Terres et Forêts, Serv. de la Recherche. Mémoire, 1. 21 p.

Bertrand, V. et H. Bolghari. 1975. Etude des plantations au sud du St-Laurent. Québec, Min. des Terres et Forêts, Serv. de la Recherche. Mémoire en préparation.

Blais, J.R. 1974. The Policy of Keeping Trees alive via Spray Operations May Hasten the Recurrence of Spruce Budworm Outbreaks. For. Chron. 50(1): 19-21.

Blouin, J.-L. 1964. Etude des tremblaies du Bas St-Laurent. Université Laval, Québec. Thèse non publiée. 130 p.

Blum, R. 1961. Age-Size Relationships in All-Aged Northern Hardwoods. U.S.D.A., For. Serv., Northeastern. For. Exper. Sta., For. Res. Note No 125. 3 p.

Boivin, J-L. 1975a. Coupes progressives par bandes de une, deux et trois chaînes de largeur. Québec, Min. des Terres et Forêts, Serv. des Plans d'Aménagement. Rapport TF1-C176. 85 p.

Boivin, J-L. 1975b. Description et aménagement de trois groupements végétaux de l'aire des feuillus tolérants du Québec. Québec, Min. des Terres et Forêts, Serv. des Plans d'Aménagement. Rapport TF1-C171. 76 p.

Bolghari, H. et P.E. Vézina. 1974. Estimation de l'accroissement et de la production des sapinières de diverses densités. Québec, Min. des Terres et Forêts, Serv. de la Recherche. Mémoire, 18. 44 p.

Braathe, P. 1957. Thinnings in Even-Aged Stands. Faculty of Forestry, University of New Brunswick, Fredericton, 92 p.

Brillant, C., P. Gendron et S. Tétreault. 1975. Analyse économique du reboisement en pin rouge et en pin gris. Québec, Min. des Terres et Forêts, Serv. de la Recherche. 173 p. Rapport interne.

Carlisle, A. and A.H. Teich. 1970. The Costs and Benefits of Tree Improvements Programs. Can. For. Serv., Petawawa For. Exper. Sta., Inf. Rep. PS-X-20. 28 p.

Carpentier, J.P. 1975. Planification des ensemencements à l'automne 1975. Québec, M.T.F., Serv. de la Restauration. Rapport interne.

Cayford, J.H. and A. Bickerstaff. 1968. Man-Made Forests in Canada. Canada, Dept. of Forestry. Publication, 1240. 68 p.

Chardenon, J., et G. Vallée. 1972. Populiculture dans les comtés de L'Islet à Rimouski. En collaboration avec le Min. des Terres et Forêts, Paris, S.I.C.O.R.E.S., 62 p.

Côté, R. 1974. Analyse des coûts de production en pépinière pour 1974. Québec, Min. des Terres et Forêts, Serv. de la Restauration. Rapport interne. 94 p.

Côté, R. 1976. Analyse des coûts de pépinières pour 1975. Québec, Min. des Terres et Forêts, Serv. de la Restauration. Rapport en préparation.

Crown, M. 1974. Fertilizer Application on an Operational Scale. Proc. of a Workshop on Forest Fertilization in Canada, Sault St-Marie. pp. 93-101.

Dancause, A. 1975. Méthodes et appareils utilisés pour le scarifiage et l'ensemencement. Québec, Min. des Terres et Forêts, Serv. de la Restauration. Edition provisoire, 3209. 82a.

Davis, L.-S. 1969. Economic Models of Program Evaluation, Washington, D.C. Proc. Second World Consult. For. Tree Breeding, 14 p.

Doucet, R. 1973a. Comparaison de deux méthodes d'éclaircie précommerciale applicables aux jeunes sapinières. Québec, Min. des Terres et Forêts, Serv. de la Recherche. Mémoire, 16. 29 p.

Doucet, R. 1973b. Dry Matter Production in a 40 Year-Old Jack Pine Stand in Quebec. Québec, Min. des Terres et Forêts, Serv. de la Recherche. Rapport interne, 134. 105 p.

Dunfield, J.D. 1975. Mechanized Thinning. In Mechanization of Silviculture in Northern Ontario. Proc. Symp. O-P-3, pp. 123-130.

Ferdinand, S.I., W.C. Kay, and A.K. Hellum. 1975. Container Program in Alberta. In Proc. North Amer. Containerized Forest Tree Seedling Symposium, Great Plains Agr. Council, Publ. No 68: 44-52.

Ferland, L. 1969. Accroissement et production des pineraies grises du Nord-Ouest québécois, Québec, Université Laval, Fac. For et Géod., Mémoire de Fin d'études, 65 p.

Frisque, B. 1975. Régénération naturelle de l'épinette noire. Québec, Université Laval. Thèse de doctorat en voie d'achèvement. Faculté de Foresterie et de Géodésie.

Gagnon, J.D. 1972. Les plantations de Grand'Mère; modèle de reboisement pour l'avenir. Env. Canada, Centre de Recherches forestières des Laurentides. Rap. inf. Q-X-30F. 32 p.

Gagnon, J.D. 1974. Results of Fertilizer Experiments in Quebec. In Proceedings of a Workshop on Forest Fertilization in Canada. Canada, Dept. Environment, Can. For. Serv., Tech. Rep. 5. pp. 83-91.

Gagnon, G. et M.M. Grandtner. 1973. Etude écodynamique des tremblaies de la section Laurentienne. Québec. Min. des Terres et Forêts Serv. de la Recherche. Mémoire 14. 131 p.

Gauthier, R. et M.M. Grandtner. 1975. Etude phytosociologique des Tourbières du Bas Saint-Laurent. Québec. Naturaliste can. 102(1): 109-153.

Goodman, R.M. et V.H. Cooley. 1970. The Effect of Initial Spacing on Jack Pine Growth and Yield. Mich. Acad. (Mich. Acad. Scil. Arts, Letters) 2, 107-111.

Grainger, G.D. 1975. Container-Growing Mechanization and Costs. In Proc. North Amer. Containerized Tree Seedling Symposium Great Plains Agr. Council Publ. No 68: 158-162.

Grandtner, M.M. 1975. Muskeg and Forestry. Proceedings of the 16th Annual Muskeg Subcommittee and Associate Commitee for Geotechnical Research, National Research Council of Canada, held in Montreal, Quebec, Oct. 7, 1975.

Healters, J. 1973. Recherche et développement sur le peuplier dans la région de l'Est du Québec. III. Revue des équipements pour mécanisation de la production de boutures de peuplier en pépinière. Québec, Min. des Terres et Forêts, Serv. de la Recherche. Guide 3, 54 p.

Haig, R.A. 1974. What it Means. In Proc. of a Workshop on Forest Fertilization, Sault Ste-Marie, Ont. Jan. 8-10, 1974: 27-28.

Hall, J. 1970. Site Preparation in Ontario. Can. Council of Res. Ministers, Forestry Reader, Paper No 8. 4 p.

Hatcher, R.J. 1960. Croissance du sapin baumier après une coupe rase dans le Québec. Canada, Dept. North Aff. & Nat. Res., For. Res. Div. Mém. Tech. 87, 24 p.

Hatcher, R.J. 1963. A study of Black Spruce Forests in Northern Quebec. Canada. Dept. of Forestry. Publ. 1018. 37 p.

Hatcher, R.J. 1966. Yellow-Birch Regeneration on Scarified Seedbeds under Small Canopy Openings. For. Chron. 42(4): 350-358.

Heikurainen, L. 1964. Improvement of Forest Growth on Poorly Drained Peat Soils. Int. Rev. For. Res. 1: 39-113.

Heikurainen, L. 1968. Peatlands in Newfoundland and Possibilities of Utilizing them in Forestry. Canada dept. Fisheries and Forestry, Can. For. Serv., Inf. Rep. N-X-16. 20 p.

Heikurainen, J.K.K. 1975. Powered vs Nonpowered Site-Preparation Equipment. In Mechanization of Silviculture in Northern Ontario. Proc. Symp. O-P-3 pp. 37-46.

Hubbes, M. 1971. Recherches sur les hybrides de peupliers les mieux adaptés aux conditions du Québec effectuées au CRFL. In La populiculture au Québec I. Amélioration des peupliers. II. Développement de la populiculture. Québec, Min. des Terres et Forêts, Conseil de la Recherche et du Développement forestier. Rapport, 1. 56 p.

Jordan, J.S. 1967. Deer Browsing in Northern Hardwoods after Clearcutting. Effects on Height, Density and Stocking of Regeneration of Commercial Species, U.S.D.A., For. Serv. Northeastern For. Exper. Sta., Res. Paper NE-57. 15 p.

Keipi, K. 1972. The Concept of Forest Fertilization Returns in Norway, Sweden, and Finland, Folia For. 152. Helsinki. p. 38.

Kül, A.D., and Z. Chrosciewicz. 1970. Prescribed Fire: Its Place in Reforestation. In Forestry Reader, Council of Res. Ministers, Paper No 7: 9 p.

Lafond, A. et G. Ladouceur. 1967. Les groupements forestiers de la province de Québec. Québec, Min. des Terres et Forêts. Rapport interne. 726 p.

Leak, W.B., D.S. Solomon and S.M. Filip. 1969. A Silvicultural Guide for Northern Hardwoods in the Northeast. U.S.D.A., For. Serv. Northeastern For. Exper. Sta., Paper NE-143. 34 p.

Leak, W.B. and S.M. Filip. 1970. Cutting Strategies and Timber Yields for Unbalanced Even-Aged Northern Hardwood Forests. U.S.D.A., For. Serv., Northeastern For. Exper. Sta., Res. Paper NE-153. 19 p.

Leblanc, H. 1973. Statut du pin gris. In Amélioration du pin gris au Québec. Québec, Min. des Terres et Forêts, Conseil de la recherche et du développement forestier. Rapport, 2. 169 p.

Le Goff, N., M. Ménard et Y. Richard. 1975. Recherche et développement en populiculture pour la région de l'Est du Québec. VII. Tables de rendement pour les peupleraies naturelles dans les comtés de L'Islet-Montmagny à Rimouski. Québec, Min. des Terres et Forêts, Serv. de la Recherche. Rapport en préparation.

Linteau, A. 1956. Forest Site Classification of The Northeastern Coniferous Section, Boreal Forest Region, Quebec. Canada. Dept. North. Aff. & Nat. Res., For. Br., Bull, 118. 85 p.

Lussier, L.J. et J. Tomlinson. 1973. Productivité et coûts de diverses méthodes de traitements sylvicoles. Québec, Min des Terres et Forêts, Serv. de la Recherche. Mémoire, 10. 129 p.

Maini, J.S. and J.H. Cayford. 1968. Growth and Utilization of Poplars in Canada. Canada. Dept. For. & Rural Dev., For. Br., Dept. Publ., 1205. 257 p.

Manning G.H. and H.R. Grinnell. 1971. Forest Ressources and Utilization in Canada to the Year 2000. Canada, For. Serv., Publ. 1304. 80 p.

Marquis, D.A. 1967. Clearcutting in Northern Hardwoods Results after 30 Years. U.S.D.A., Forest Service, Northeastern For. Exper. Sta., Res. Paper NE-85. 13 p.

Ménétrier. J. 1974. Le développement de la populiculture au Québec. Québec, Min. des Terres et Forêts, Serv. de la Recherche. Rapport interne, 145. 37 p.

Nelson, B. 1969. Herbicides: Order on 2,4,5-T Issued at Unusually High Level. Science 166 (3908): 977-979.

Paquet, B. et H. Simard. 1975. Reboisement et travaux connexes sur les terrains publics. Québec, Min. des Terres et Forêts. Serv. de la Restauration. Rapport interne. 155 p.

Payandeh, B. 1973a. Analyses of a Forest Drainage Experiment in Northern Ontario I. Growth Analysis. Can. J. For. Res. 3(3): 387-398.

Payandeh, B. 1973b. Analyses of a Forest Drainage Experiment in Northern Ontario II. An Economic Analysis. Can. J. For. Res. 3(3): 399-408.

Pfalzgraff, J. 1975. La forêt expérimentale du Lac Edouard. Milieu: mars-juin. pp. 24-29.

Popovich, S.A., A. Demers et J.D. Gagnon. 1970. Production en cônes et semences d'un peuplement de pin gris de 65 ans de la région boréale du Québec. Nat. Can. 97(5): 553-558.

Quigley, K.L. and H.M. Babcock. 1969. Birch Timber Resources of North America. In Birch Symposium Proceedings. U.S.D.A. For. Serv. Northeastern Res. Exper. Sta. pp. 6 à 14.

Reynolds, J.K. 1975. Forest Management Trends and Future Options. Can. Pulp Paper Ass., Woodlands Section Index No 2691 (F-1).

Rhéaume, G., A. Bégin et C. Mérette. 1974. Coupes sylvicoles. Rapport annuel 1972-73. Tome I. Québec, Min des Terres et Forêts, Serv. de la Restauration. (En préparation).

Riley, L.F. 1973. Operational Trials of Techniques to Improve Jack Pine Spacing. Can. For. Serv., Great Lakes For. Res. Cent., Inf. Rep. O-X-150. 32 p.

Riley, L.F. 1975. Operational Testing of Planting Machines in the Boreal Forest of Ontario. Can. For. Ser., Great Lakes For. Res. Cent., Inf. Rep. O-X-219. 37 p.

Roberge, M.R. 1975a. Eclaircie dans une érablière à hêtre en vue de produire du bois d'oeuvre de bouleau jaune. Nat. Can. 102(3): 353-361

Roberge, M.R. 1975b. Effect of Thinning on the Production of High-Quality Wood in a Quebec Northern Hardwood Stand. Can. J. For. Res. 5(1): 139-145.

Roberge, M.R. et J.-D. Gagnon. 1974. Etude d'un épandage aérien d'urée en forêt. Can. J. For. Res. 4(4): 482-490.

Robinson, F.C. 1974. A Silvicultural Guide to the Black Spruce Working Group. Ontario Ministry of Natural Resources. 44 p.

Sibbald, J. 1968. Chemical Thinning - a New Technology. The Ansul Company, Marinette, Wisconsin. 7 p.

Sondell, J. 1974. Thinning with Harvesters. Swedish Logging Research Foundation. Ekonomi No 4E 1974. 4 p.

Stanek, W. 1968a. Development of Black Spruce Layers in Quebec and Ontario. For. Chron. 44(2): 25-28.

Stanek, W. 1968b. A Forest Drainage Experiment in Northern Ontario. Pulp Paper Mag. Conn. 69, 58-62.

Stanek, W. 1970. Amelioration of Water Logged Terrain in Quebec I. Description of the Area, Hydrology and Drainage. Can. For. Service, For. Res. Lab., Quebec Region, Inf. Rep. Q-X-17, 16 p.

Steneker, G.A. and J.M. Jarvis. 1966. Thinning in Trembling Aspen Stands Manitoba and Saskatchewan. Canada Dept. of Forestry, Publ., 1140. 28 p.

Svensson, S.A. 1971. Time Functions for Cleaning in Young Stands with Brush Saw. Swedish Logging Research Foundation. Economik No 1E 1971. 4 p.

Sutton, R.F. 1969. Chemical Control of Competition in Plantations. For Chron. 45(4): 252-266.

Tucker, T.L. 1974. What is it worth? An Economic Evaluation of Fertilizer Trials in Jack Pine at Dryden, Ontario. In Proc. of a Workshop on Forest Fertilization, Sault Ste-Marie Ont., Jan. 8-10, 1974: 38-45.

Twight, P.A., and L.S. Minckler. 1972. Ecological Forestry for the Northern Hardwood Forest. National Parks and Conservation Association, Washington, D.C. 12 p.

Vallée, G. 1971. Etat des recherches sur le peuplier au service de la Recherche du ministère des Terres et Forêts. In La populiculture du Québec. I. Amélioration des peupliers. II. Développement de la recherche et du développement forestiers. Rapport, 1. 56 p.

Vallée, G. 1975. L'amélioration des arbres forestiers au ministère des Terres et Forêts du Québec. For. Chron. 51(6): 236-239.

Veilleux, J.M. 1972. Effets d'un brûlage contrôlé sur les propriétés physico-chimiques de l'humus. Québec, Min. des Terres et Forêts, Serv. de la Recherche. Mémoire 9. 30 p.

Vézina, P.-E. 1973a. Rentabilité des coupes d'éclaircie en vue de l'aménagement intensif des sapinières au Québec. Québec, Min. des Terres et Forêts, Serv. de la Recherche. Mémoire 11. 46 p.

Vézina, P.-E. 1973b. La production en matière ligneuse de divers peuplements de la forêt boréale traités suivant certaines options d'aménagement. Québec, Min. des Terres et Forêts, Serv. de la Recherche. Mémoire 12. 55 p.

Vézina, P.-E., G. Chantal et C. Charbonneau 1975. Guide sylvicole pour l'aménagement intensif des forêts du Québec habité. Annexé au rapport annuel MM-7, 1974-75, du Fonds de recherches forestières de l'université Laval, Québec. 68 p.

Vézina, P.-E. et R.A. Doucet. 1969. L'effet d'une éclaircie sur la croissance quinquennale d'un peuplement de sapin baumier âgé de 15 ans. Nat. Can. 96(2): 225-242.

Vézina, P.-E. and A. Linteau. 1968. Growth and Yield of Balsam Fir and Black Spruce in Quebec. Canada. Dept For. & Rural Dev., Quebec Region, For. Res. Lab., Inf. Rep. Q-X-2. 58 p.

Vézina, P.-E. et L. Robitaille. 1970. Etude des méthodes de coupe et autres traitements sylvicoles expérimentés au Québec. Québec, Min. des Terres et Forêts, Serv. de la Recherche. Mémoire, 2. 372 p.

Vyse, A.H. and D.E. Ketcheson. 1975. The Cost of Raising and Planting Containerised Trees in Canada. In Proc. North Am. Containerized For. Tree Seedling Symposium, Great Plains Agr. Council Publ. No. 68: 402-411.

Vyse, A.H. and D. Wallinger. 1974. Planting Performance Studies, Nelson Forest District, 1973. Can. For. Serv. and B.C. For. Serv. Mimeo. 24 p.

Wang, B.S.P. 1968. The Development of Yellow Birch Regeneration on Scarified Sites. Can. Dept. For & Rural Dev., For. Br., Publ. 1210. 14 p.

Weetman, G.F. 1975. Ten-Year Growth Response of Black Spruce to Thinning and Fertilization Treatments. Can. J. For. Res. 5(2): June. 302-309.

Weetman, G.F., Krause, H.H., Timmer, V.R. and J.S. Hoyt. 1974. Some Fertilizer Response Data for the Maritimes and Parts of Quebec. In Proc. of a Workshop on Forest Fertilization in Canada, Sault Ste-Marie, Ont. Jan. 8-10 1974: 77-82

Weetman, G.F., H.H. and Kolen E. Krause. 1975. Interprovincial Forest Fertilization Program. Five Years Growth Response in Installations Remeasured in 1974. First draft. 29 p.

Winget, C.H. 1969. Apparent Defect in Second Growth Tolerant Hardwood Stands in Quebec. For Chron. 45(3): 180-183.

Zehetmayer, J.W.L. 1954. Experiments in Tree Planting on Peat. For. Comm., London. Bull. No 22.